

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-015033

(43)Date of publication of application : 15.01.2003

(51)Int.Cl.

G02B 13/24
 G02B 13/04
 G02B 13/18
 G02B 13/22
 G02B 17/08
 G02F 1/13
 G02F 1/13357
 G03B 21/00
 H04N 5/74

(21)Application number : 2001-196884

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 28.06.2001

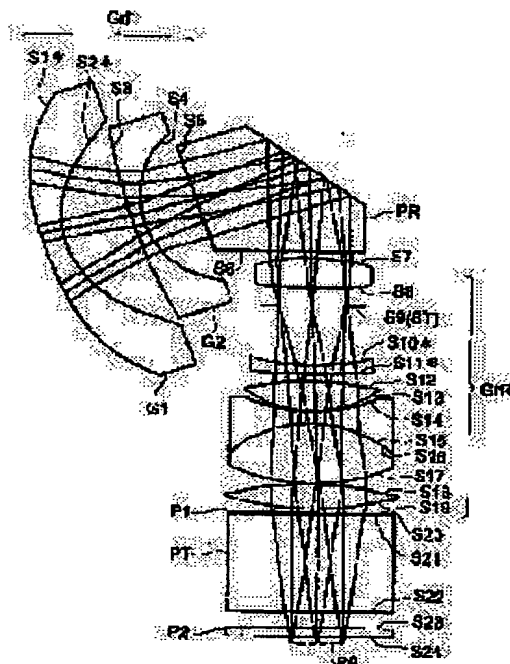
(72)Inventor : KUWA TOMIYOSHI
 OSAWA SATOSHI
 HAYASHI KOTARO

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lightweight, small and high-performance projection optical system which have a wide angle of view and can acquire a high-definition projection image.

SOLUTION: The projection optical system for rear projection to magnify and project a display image on a screen (SC) by using video light emitted almost in telecentric from a light valve (PA), is provided with a front group of negative power having aspherical surface (GrF), a prism (PR) to fold a light path on a reflection plane and a rear group (GrR) of positive power having an aspherical surface in order from the magnification conjugate side. A first lens and a second lens (G1) have negative power, and the rear group (GrR) has a lens of positive power consisting of an anomalous dispersion material. The center of the light valve (PA) is not positioned on the optical axis of the rear group (GrR), and the prism (PT) is disposed between the rear group and the light valve (PA). Furthermore, a conditional



expression: $48 < \omega < 60$, $3 < D1/f < 7$, $Vd > 75$, $0.52 < (Ng - Nf)/(Nf - Nc) < 0.56$ is satisfied, wherein ω is the maximum viewing angle ($^\circ$), $D1$ is a halfway air length, f is the focal distance of the whole system, Vd is the Abbe's number of the anomalous dispersion material and Ng , Nf , and Nc are refractive indexes to g line, f line and c line of the anomalous dispersion material.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of
 rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An incident light study system for rear projections which carries out amplification projection of the display image on a screen with image light which is characterized by providing the following, and which was injected in an abbreviation tele cent rucksack from a light valve A pre-group which has the aspheric surface and has negative power sequentially from an amplification conjugation side An optical-path bending means which bends an optical path in a reflector A back group which has the aspheric surface and has positive power Both the 1st lens by the side of amplification conjugation and 2nd lens following it that constitute a preparation and said pre-group have negative power most. Consist of an anomalous-scattering material, have positive PAWANZU in said back group, and a light valve center is not located on an optical axis of said back group. An incident light study system characterized by arranging a projection light preparation means to perform composition of separation or different colored light of illumination light and projection light between light valves, and filling following conditional-expression (1) - (4) further;

$48 < \omega < 60$ -- (1) $3 < D1/f < 7$ -- (2) $V_d > 75$ -- (3) $0.52 < (N_g - N_f)/(N_f - N_c) < 0.56$ (4) -- 4 Correct. ω : The maximum field angle (degree), $D1$: Clinch air length (most air conversion optical path length [Most a field by the side of cutback conjugation to a back group / A pre-group] to a field by the side of amplification conjugation), f : -- a refractive index to a focal distance of the whole system, the Abbe number of V_d :anomalous-scattering material, and g line of N_g :anomalous-scattering material, a refractive index to f line of N_f :anomalous-scattering material, and a refractive index to c line of N_c :anomalous-scattering material -- it comes out.

[Claim 2] Furthermore, an incident light study system according to claim 1 characterized by filling the following conditional expression (5);

$0.5 < f_{fa}/f_{ra} < 0.5$ -- (5) however a focal distance of a lens which has the aspheric surface of a f_{fa} :pre-group, and a focal distance of a lens which has the aspheric surface of an after [f_{ra}] group -- it comes out.

[Claim 3] A pre-group which is the incident light study system for rear projections which carries out amplification projection of the display image on a screen with image light injected in an abbreviation tele cent rucksack from a light valve, has the aspheric surface and has negative power sequentially from an amplification conjugation side, A back group which has an optical-path bending means which bends an optical path in a reflector, and the aspheric surface, and has positive power, Both the 1st lens by the side of amplification conjugation and 2nd lens following it that constitute a preparation and said pre-group

have negative power most. An incident light study system characterized by not locating a light valve center on an optical axis of said back group, but arranging a projection light preparation means to perform composition of a separation or an optical path of illumination light and projection light between light valves, and filling the following conditional expression (1), (2), and (5) further;

$48 < \omega < 60$ -- (1) $3 < D1/f < 7$ -- (2) $0.5 < f_{fa}/f_{ra} < 0.5$ (5) --5 Correct. ω : -- maximum field angle (degree) $D1$: clinch air length (most air conversion optical path length [Most a field by the side of cutback conjugation to a back group / A pre-group] to a field by the side of amplification conjugation), a focal distance of f : whole system, a focal distance of a lens which has the aspheric surface of a f_{fa} : pre-group, and a focal distance of a lens which has the aspheric surface of an after [f_{ra} :] group -- it comes out.

[Claim 4] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-3 characterized by furthermore having a condenser lens between said projection light preparation means and light valves.

[Claim 5] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-4 to which the aspheric surface which it has in said back group is characterized by thing of said back group most prepared in lenses other than a lens by the side of cutback conjugation.

[Claim 6] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-5 characterized by said both 1st lens and 2nd lens being meniscus lenses which have negative power.

[Claim 7] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-6 characterized by a lens which has said aspheric surface being a plastic lens.

[Claim 8] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-7 characterized by an optical axis of said pre-group sometimes carrying out parallel eccentricity of all to a straight system optically the bottom to an optical axis of said back group.

[Claim 9] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-8 characterized by for said optical-path bending means having consisted of prism, and the 1st [at least] page of the transparency sides leaning to an optical axis of said back group.

[Claim 10] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-9 characterized by an optical axis of said pre-group sometimes leaning optically the bottom wholly as a straight system to an optical axis of said back group.

[Claim 11] It can carry in rear projection equipment of different screen size. It is the incident light study unit constituted so that it could respond to a change of screen size. The 1st focus group of positive power which performs focusing on the occasion of a change of screen size by moving in accordance with an optical axis in the drawing neighborhood in said back group, An incident light study system given in any 1 term of claims 1-10 characterized by said back group having the 2nd focus group of positive power which amends a minute focal gap by moving in accordance with an optical axis.

[Claim 12] An incident light study system according to claim 11 characterized by replacing at least one lens in said 1st focus group with another lens which has the 1st [at least] page of a field where curvature differs from the lens on the occasion of a change of screen size.

[Claim 13] An incident light study system according to claim 11 or 12 characterized by replacing at least one lens in said pre-group with another lens which has the 1st [at least] page of a field where curvature differs from the lens on the occasion of a change of screen size.

[Claim 14] An incident light study system given in any 1 term of claims 1-13 characterized by constituting said pre-group pivotable along with a ball which has a center on an optical axis of said pre-group.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the suitable incident light study system for the rear projection equipment which carries out amplification projection of the display image of light valves (liquid crystal panel etc.) on a screen about an incident light study system.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in the display image of a small light valve, using the incident light study system, the rear projection equipment which carries out amplification projection is known by the screen, and its light weight and miniaturization are desired. However, if it is going to lightweightize projection equipment, since it becomes impossible to increase lens number of sheets extremely and projection equipment is miniaturized, if it is going to form an incident light study system into an extensive field angle, it will become difficult to suppress aberration (for it to be especially chromatic aberration and distortion aberration). For this reason, a suitable optical configuration is needed for an incident light study system. Moreover, in order for the temperature change in the equipment by the illumination light to bring about optical-character ability deterioration, it is necessary to set up the focal distance of each lens, and arrangement in consideration of the temperature characteristic of a lens material.

[0003] It is possible by bending the optical path on the way using the lens back's incident light study system long retro focus type with an extensive field angle to reduce the thickness of the depth direction of rear projection equipment. an optical path -- on the way -- the pre-group which has power negative by the whole which the 1st and 2nd lenses start with a negative lens, and has the aspheric surface sequentially from an amplification conjugation side as an incident light study system come out of and bent, and the back group which has the aspheric surface and has power positive on the whole -- since -- what changes is proposed variously. For example, the incident light study system constituted as mentioned above by JP,8-201688,A, JP,2001-42211,A, the U.S. Pat. No. 6144503 description, etc. is proposed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned conventional example, when it is going to form an extensive field angle, there are a problem of it becoming impossible to perform chromatic-aberration amendment sufficient by small lens number of sheets and a problem that the lens back will shift greatly by the temperature change. By neither JP,8-201688,A nor the incident light study system given in JP,2001-42211,A, in case an extensive field angle is formed, the space which folds an

optical path in an acute angle cannot secure enough, and is especially fit for suppressing the thickness of the depth direction of rear projection equipment, and the projection under a screen. Moreover, by the incident light study system given in a U.S. Pat. No. 6144503 description, it is a cutback conjugation side, and since it is not a tele cent rucksack, it is difficult [it] for contrast lowering, color nonuniformity, brightness nonuniformity, etc. to occur, in case the prism which performs optical-path separation and optical-path composition is used, therefore to obtain a good image.

[0005] It aims at offering a lightweight and small highly efficient incident light study system with the extensive field angle from which it is made in order that this invention may solve these troubles, and a high definition projection image is obtained.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, an incident light study system of the 1st invention A pre-group which is the incident light study system for rear projections which carries out amplification projection of the display image on a screen with image light injected in an abbreviation tele cent rucksack from a light valve, has the aspheric surface and has negative power sequentially from an amplification conjugation side, A back group which has an optical-path bending means which bends an optical path in a reflector, and the aspheric surface, and has positive power, Both the 1st lens by the side of amplification conjugation and 2nd lens following it that constitute a preparation and said pre-group have negative power most. It has a lens which consists of an anomalous-scattering material and has positive power in said back group. A light valve center is not located on an optical axis of said back group, but a projection light preparation means to perform composition of separation or different colored light of illumination light and projection light between light valves is arranged, and it is characterized by filling following conditional-expression (1) - (4) further.

$48 < \omega < 60$ -- (1) $3 < D1/f < 7$ -- (2) $V_d > 75$ -- (3) $0.52 < (N_g - N_f)/(N_f - N_c) < 0.56$ (4) -- 4 Correct. ω : The maximum field angle (degree), $D1$: Clinch air length (most air conversion optical path length [Most a field by the side of cutback conjugation to a back group / Pre-group] to a field by the side of amplification conjugation), f : -- a refractive index to a focal distance of the whole system, the Abbe number of V_d :anomalous-scattering material, and g line of N_g :anomalous-scattering material, a refractive index to f line of N_f :anomalous-scattering material, and a refractive index to c line of N_c :anomalous-scattering material -- it comes out.

[0007] An incident light study system of the 2nd invention is characterized by filling the following conditional expression (5) further in a configuration of invention of the above 1st.

$0.5 < f_{fa}/f_{ra} < 0.5$ -- (5) however a focal distance of a lens which has the aspheric surface of a f_{fa} :pre-group, and a focal distance of a lens which has the aspheric surface of an after [f_{ra}] group -- it comes out.

[0008] An incident light study system of the 3rd invention is an incident light study system for rear projections which carries out amplification projection of the display image on a screen with image light injected in an abbreviation tele cent rucksack from a light valve. A pre-group which has the aspheric surface and has negative power sequentially from an amplification conjugation side, A back group which has an optical-path bending means which bends an optical path in a reflector, and the aspheric surface, and has positive power, Both the 1st lens by the side of amplification conjugation and 2nd lens following it that constitute a preparation and said pre-group have negative power most. A light valve center is not located on an optical axis of said back group, but a projection light preparation means to perform composition of a separation or an optical path of illumination light and projection light between light

valves is arranged, and it is characterized by filling the following conditional expression (1), (2), and (5) further.

$48 < \omega < 60$ -- (1) $3 < D1/f < 7$ -- (2) $0.5 < ffa/fra < 0.5$ (5) -- 5 Correct. ω : -- maximum field angle (degree) $D1$: clinch air length (most air conversion optical path length [Most a field by the side of cutback conjugation to a back group / Pre-group] to a field by the side of amplification conjugation), a focal distance of f : whole system, a focal distance of a lens which has the aspheric surface of a ffa : pre-group, and a focal distance of a lens which has the aspheric surface of an after [fra :] group -- it comes out.

[0009] an incident light study system of the 4th invention -- above-mentioned the 1- in the 3rd configuration of any one invention, it is characterized by having a condenser lens between said projection light preparation means and light valves further.

[0010] an incident light study system of the 5th invention -- above-mentioned the 1- in the 4th configuration of any one invention, the aspheric surface which it has in said back group is characterized by thing of said back group most prepared in lenses other than a lens by the side of cutback conjugation.

[0011] an incident light study system of the 6th invention -- above-mentioned the 1- in the 5th configuration of any one invention, said both 1st lens and 2nd lens are characterized by being the meniscus lens which has negative power.

[0012] an incident light study system of the 7th invention -- above-mentioned the 1- in the 6th configuration of any one invention, it is characterized by a lens which has said aspheric surface being a plastic lens.

[0013] an incident light study system of the 8th invention -- above-mentioned the 1- in the 7th configuration of any one invention, it is characterized by an optical axis of said pre-group sometimes carrying out parallel eccentricity of all to a straight system optically the bottom to an optical axis of said back group.

[0014] an incident light study system of the 9th invention -- above-mentioned the 1- in the 8th configuration of any one invention, said optical-path bending means consists of prism, and it is characterized by the 1st [at least] page of the transparency sides leaning to an optical axis of said back group.

[0015] an incident light study system of the 10th invention -- above-mentioned the 1- in the 9th configuration of any one invention, it is characterized by an optical axis of said pre-group sometimes leaning optically the bottom wholly as a straight system to an optical axis of said back group.

[0016] In the 10th configuration of any one invention, it can carry in rear projection equipment of different screen size. an incident light study system of the 11th invention -- above-mentioned the 1- It is the incident light study unit constituted so that it could respond to a change of screen size. The 1st focus group of positive power which performs focusing on the occasion of a change of screen size by moving in accordance with an optical axis in the drawing neighborhood in said back group, It is characterized by said back group having the 2nd focus group of positive power which amends a minute focal gap by moving in accordance with an optical axis.

[0017] An incident light study system of the 12th invention is characterized by replacing at least one lens in said 1st focus group with another lens which has the 1st [at least] page of a field where curvature differs from the lens on the occasion of a change of screen size in a configuration of invention of the above 11th.

[0018] An incident light study system of the 13th invention is characterized by replacing at least one lens

in said pre-group with another lens which has the 1st [at least] page of a field where curvature differs from the lens on the occasion of a change of screen size in a configuration of the above 11th or the 12th invention.

[0019] an incident light study system of the 14th invention -- above-mentioned the 1- in the 13th configuration of any one invention, it is characterized by constituting said pre-group pivotable along with a ball which has a center on an optical axis of said pre-group.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the incident light study system for rear projections which carried out this invention is explained, referring to a drawing. The optical configuration and projection optical path of a gestalt of the 1st - the 7th operation are shown in drawing 1 - drawing 3 , drawing 7 , drawing 8 , drawing 10 , and drawing 11 , respectively. Moreover, the optical configuration and projection optical path of the whole rear projection equipment which applied the gestalt of the 3rd operation to drawing 5 and drawing 6 are shown. However, as for the rear projection equipment with which the rear projection equipment shown in drawing 5 is 40 molds, and the size of a screen (SC) shows it to drawing 6 , the size of a screen (SC) is 50 molds. In addition, the whole rear projection equipment configuration also of the gestalt of other operations is the same as that of the gestalt of the 3rd operation almost, and has composition which bends a projection optical path by the mirror (MR) between an incident light study system and a screen (SC) as shown in drawing 5 and drawing 6 .

[0021] The incident light study system of the gestalt of each operation is the image light injected in the abbreviation tele cent rucksack from the light valve (PA), and has composition which carries out amplification projection of the display image of a light valve (PA) on a screen (SC). And it has the back group (GrR) which has the prism (PR) as the pre-group (GrF) which has the aspheric surface and has negative power sequentially from an amplification conjugation side, and an optical-path bending means which bends an optical path in a reflector, and the aspheric surface, and has positive power. Between the incident light study system and the light valve (PA), the optical-path separation element which performs separation with the illumination light and projection light, or the optical-path composition element which performs composition of an optical path is arranged as a projection light preparation means (PT). As an optical-path separation element, polarization separation elements, such as PBS (Polarizing BeamSplitter) prism and an PBS sheet {for example, Sumitomo 3M DBEF (trade name)}, are used, and the color composition element which compounds different colored light, such as a crossing dichroic prism and a dichroic mirror, is used as an optical-path composition element, for example. Moreover, as a light valve (PA), display devices, such as DMD (Digital Micromirror Device), a reflective mold liquid crystal panel, and a transparency mold liquid crystal panel, are used.

[0022] In addition, with the gestalt of each operation, PBS prism, the PBS sheet, or the crossing dichroic prism is arranged as a projection light preparation means (PT). The example of a projection light preparation means (PT) is shown in drawing 21 . Drawing 21 (A) shows PBS prism (PT1). PBS prism (PT1) turns to a light valve (PA) the illumination light (LI) which has carried out incidence, reflects, makes the reflected light from a light valve (PA) penetrate, and carries out incidence to a back group (GrR) as a projection light. Drawing 21 (B) shows the PBS sheet (PT2). An PBS sheet (PT2) turns to a light valve (PA) the illumination light (LI) which has carried out incidence, reflects, makes the reflected light from a light valve (PA) penetrate, and carries out incidence to a back group (GrR) as a projection light. Drawing 21 (C) shows the crossing dichroic prism (PT3). A crossing dichroic prism (PT3) carries out

color composition of the colored light (for example, RGB) which is different from three light valves (PA), and it is made it to carry out incidence to a back group (GrR) as a projection light.

[0023] With the rear projection equipment to which the gestalt of each operation is applied, if the chief ray injected from a light valve (PA) is not a tele cent rucksack, when PBS prism (PT1) and an PBS sheet (PT2) are used, contrast lowering increases, and when a crossing dichroic prism (PT3) is used, an irregular color and brightness unevenness will increase. For this reason, as for an incident light study system, it is desirable to a cutback conjugation side that it is a tele cent rucksack. Moreover, when the image quality of a rear projection TV is taken into consideration, it is still more desirable for a tele cent rucksack angle {the angle which the chief ray injected from each pixel of theta1:light valve (PA) makes with the field normal of a light valve (PA)} to be about 2 degrees or less.

[0024] moreover -- extensive -- when preparing PBS prism (PT1), an PBS sheet (PT2), a crossing dichroic prism (PT3), etc. in a field angle incident light study system, as for an incident light study system, it is desirable that it is the retro focus type which the lens back can take. Therefore, like the gestalt of each operation, an incident light study system consists of a pre-group (GrF) of negative power, and a back group (GrR) of positive power, it extracts, and, as for (ST), being located in a back group (GrR) is desirable. It is physically difficult to locate drawing (ST) in the space where an optical-path bending means is arranged {that is, in the clinch air gap between a pre-group (GrF) and a back group (GrR)}. Moreover, since extracting and locating (ST) in a pre-group (GrF) will lead to lengthening the overall length of a pre-group (GrF), consequently its projection under the screen (SC) of rear projection equipment will increase, it is not fit for a miniaturization.

[0025] Moreover, it becomes indispensable to secure the space which is the degree to which interference of an optical path does not take place at least in the shorter side cross section of a screen as a space for inserting PBS prism (PT1), an PBS sheet (PT2), a crossing dichroic prism (PT3), etc. furthermore, the cutback conjugation side at the tail end of an incident light study system -- air length -- {-- it is desirable to secure air conversion optical-path-length} to a light valve (PA) or a condenser lens from the field of a cutback conjugation side lens most, and to make it the value of an after [D2:] group (GrR) which broke the value (D2) by the focal distance (f) of the whole system of an incident light study system set to $1.6 \sim 4$. If the value of $D2/f$ is less than the minimum of this condition range, unless the configuration of filling that space with the quite high medium of a refractive index will be taken, it becomes impossible to turn up an optical path without interference. When the value of $D2/f$ exceeds the maximum of this condition range, it becomes impossible moreover, to secure good optical-character ability.

[0026] With the gestalt of each operation, the 1st lens by the side of amplification conjugation (G1) and the 2nd lens (G2) following it which constitute the pre-group (GrF) both have negative power most. Those lens volume and paths can be reduced as the 1st lens (G1) and the 2nd lens (G2) of a pre-group (GrF) are a negative lens. Therefore, it is suitable for lightweight-izing and cost reduction of an incident light study system to use the 1st and 2nd lens (G1, G2) of negative power. Furthermore, if the lens of at least one of the two of the 1st and 2nd lens (G1, G2) is the meniscus configuration where the convex was turned to the amplification side, it will become possible to make a beam of light refracted gently-sloping by each refracting interface, and it will be useful to error sensitivity reduction of the lens. As for this reason to the 1st lens (G1) and the 2nd lens (G2), it is more desirable to have the meniscus configuration where the convex was turned to the amplification side.

[0027] By using the aspheric surface for a pre-group (GrF), it becomes possible to perform distortion

amendment efficiently. Therefore, it is effective in reduction of lens number of sheets to use the aspheric surface for a pre-group (GrF). Furthermore, it is desirable to have a double-sided aspheric lens in a pre-group (GrF). the gestalt of each operation -- like -- extensive -- since distortion amendment is difficult, when raising distortion amendment capacity more in a field angle incident light study system, the double-sided aspheric lens is effective. If a double-sided aspheric lens is a simple substance, since it can fabricate by the injection molding of plastics etc. easily, it is still more desirable. Moreover, since the diameter of a lens of a pre-group (GrF) is comparatively large, it is useful to reduction of cost to make a lens from the plastic material of a low price generally compared with a glass material. As for this to an aspheric lens, being most located in an amplification conjugation side is desirable. However, if the path of a plastic lens is enlarged not much too much, since processes, such as molding, will become difficult, in such a case, it is desirable that it is not an amplification conjugation side most.

[0028] Moreover, if the diameter of a lens is stopped small, reducing the lens number of sheets of a pre-group (GrF), the curvature of a lens side will become tight. In the case of the meniscus lens which turned the convex to the amplification conjugation side, it is an amplification conjugation side, and curvature becomes loose, it is a cutback side and curvature becomes tight. In both sides of the lens which has such curvature, since the crossing angle of a beam of light and a field becomes large around a lens, the effect of an acid-resisting coat etc. becomes thin and the ghost between lens sides, an irregular color, brightness unevenness, etc. arise. Since the field where the curvature which turns concave especially to a cutback conjugation side also in it is tight is difficult to make coat thickness by vacuum evaporation etc. into homogeneity, the effect of a coat falls further.

[0029] When this is taken into consideration, as for the angle (θ_2) which the tangent of a field and the optical axis of a pre-group (GrF) accomplish in the location of the maximum effective diameter, in the refracting interface which turned concave to the cutback conjugation side located in a pre-group (GrF), it is desirable that it is 37 degrees or more. If two or more $\theta_2=37$ degree neighborhood fields exist with a natural thing, since the effect will become remarkable, as for θ_2 of other fields where considering only as the 1st page is desirable as for a $\theta_2=37$ degree neighborhood field, it is desirable that it is 45 degrees or more. Moreover, in a plastic lens, since it is difficult to carry those of seldom being made to an elevated temperature at the time of a coat with a limit, and a complicated coat, θ_2 has desirable 45 degrees or more.

[0030] By using the aspheric surface for a back group (GrR), the spherical aberration and comatic aberration which influence the image engine performance can be amended effectively. It is effective in reduction of lens number of sheets to use the aspheric surface for a back group (GrR) from this. Moreover, it is still more desirable to use a double-sided aspheric lens for a back group (GrR). There is the advantage of being able to fabricate the plastic lens of a simple substance by injection molding etc. easily not only like improvement in aberration amendment capacity but like a pre-group (GrF) in a double-sided aspheric lens.

[0031] With the gestalt of each operation, it has the composition that a light valve (PA) center is not located on the optical axis of a back group (GrR). By shifting a light valve (PA) center from the optical axis of a back group (GrR), the chief ray injected from the center of a light valve (PA) will carry out oblique incidence to a screen (SC). Thereby, the thickness of the depth direction of rear projection equipment can be reduced.

[0032] Moreover, with the gestalt of each operation, the back group (GrR) has the lens of the positive

power which consists of an anomalous-scattering material. The secondary spectrum of chromatic aberration can be amended by using the lens which consists of a material with anomalous-scattering nature. For this reason, while being able to reduce lens number of sheets, the number of cemented lenses with a more complicated manufacturing process can be reduced. Therefore, it is fit for small lightweight-ization of an incident light study system to use for a back group (GrR) the positive lens which consists of an anomalous-scattering material.

[0033] With the gestalt of each operation, the flexibility of arrangement of an incident light study system is raised by establishing the optical-path bending means which bends an optical path using a reflector in the middle of an incident light study system. This flexibility enables reduction of the projection of the depth of rear projection equipment, or the screen (SC) bottom. Furthermore, in order to suppress the depth of rear projection equipment, and the projection of the screen (SC) bottom to the minimum, it is desirable to bend 90 degrees or more of optical axis of a pre-group (GrF) to the optical axis of a back group (GrR) with an optical-path bending means (theta 3: clinch angle). On the contrary, if all the beams of light on which it is projected are bent at the angle which fulfills total reflection conditions within prism (PR) when using prism (PR) as an optical-path bending means, and a lower projection does not need to be suppressed small, time and effort, such as vacuum evaporation, can be saved and cost reduction will become possible. For example, with the gestalt (drawing 8) of the 5th operation, the total reflection conditions in clinch prism (PR) are realized. That is, in the case of refractive-index $N_d=1.5168$ of clinch prism (PR), total reflection conditions can be fulfilled by making into 40.92 degrees or more (the smallest angle being 42.44 degrees at the gestalt of the 5th operation) the angle which all the beams of light of projection light and the normal of a total reflection side accomplish.

[0034] Moreover, it is desirable for aluminum, silver vacuum evaporation, etc. to carry out as an optical-path bending means like the gestalt of each operation using the prism (PR) given to the reflector etc., and for a refractive index to insert a reflector into one or more media. This will ** the clinch air length (D1) which mentions later to shorten optically, and will loosen the configuration conditions of an incident light study system. For this reason, optical-character ability can be raised more.

[0035] Moreover, if an optical path is bent to whenever [angle-of-elevation] with an optical-path bending means, it will lifting-come to be easy of physical interference by the pre-group (GrF), a back group (GrR), etc. In order to lessen this interference, it is desirable to use the non-circle configuration where the portion which the optical path of the lens which is easy to interfere in the direction vertical to an optical-path bending cross section does not pass was cut. For example, in order to avoid interference with a pre-group (GrF) and a back group (GrR), D cut of the interference portion of the pre-group (GrF) to a back group (GrR) is carried out, and the lens of a non-circle configuration constitutes the pre-group (GrF) from the gestalt (drawing 10) of the 6th operation.

[0036] If the lens of a non-circle configuration is used in order to be able to shorten the lens back of an incident light study system and to prevent interference of a pre-group (GrF), a screen (SC), etc., if the lens of a non-circle configuration is used in order to prevent interference with a back group (GrR) and an illumination system (un-illustrating), the thickness of the depth direction of rear projection equipment can be reduced. For example, with the gestalt (drawing 5) of the 3rd operation, in order to have carried out D cut of the interference portion of the pre-group (GrF) to a screen (SC) in order to avoid interference with a pre-group (GrF) and a screen (SC), and to avoid interference with the last lens of a back group (GrR), and the condensing lens (un-illustrating) of an illumination system, D cut of the interference

portion of the last lens of the back group (GrR) to the condensing lens of an illumination system has been carried out. Moreover, since it is not necessary to use an excessive material if a non-circle configuration lens is used, it also becomes cost reduction also by environment well. It is desirable to make into a non-circle configuration the 1st lens (G1) which serves as a diameter of macrostomia from this reason comparatively within an incident light study system even if there is no effect in physical interference, and the 2nd lens (G2).

[0037] It is desirable to fill the following conditional expression (1) about the field angle of an incident light study system.

$48 < \omega < 60$ -- (1), however the ω :maximum field angle (degree) -- it comes out.

[0038] Conditional expression (1) has specified the maximum field angle of an incident light study system. When less than the minimum of conditional expression (1), projector distance will be extended too much and the depth of rear projection equipment will increase. An incident light study system stops for this reason, being fit for a miniaturization. If it does not carry out whether you are whether the effective diameter of a pre-group (GrF) is extended or the angle (angle which the tangent of the field in the direction of a normal and the circumference of a plane peak point accomplishes) in the circumference of the optical surface of a pre-group (GrF) will be made small if it exceeds the maximum of conditional expression (1), ***** et al., it becomes impossible to maintain the engine performance. Riser manufacture will also become [a material cost] difficult if an effective diameter is extended. Moreover, if the circumference angle of the optical surface of a pre-group (GrF) is made small, a failure which was described in the top will be born. Furthermore, since the refractive power of those fields is improved, error sensitivity goes up too much, and a mechanism configuration and an adjustment procedure will become difficult. Since it must stop having to increase lens number of sheets, it stops consequently, being fit for small and lightweight-izing, or low cost-ization.

[0039] It is desirable to fill the following conditional expression (2) about the clinch air gap between a pre-group (GrF) and a back group (GrR).

$3 < D1/f < 7$ -- (2), however a D1:clinch air length {pre-group (GrF) -- most -- the field by the side of cutback conjugation to a back group (GrR) -- most -- air conversion optical-path-length} to the field by the side of amplification conjugation, and the focal distance of f:whole system -- it comes out.

[0040] Conditional expression (2) has specified clinch air length. If less than the minimum of conditional expression (2), it will become difficult to turn up an optical path, keeping the f number small, and the flexibility of arrangement will decrease. Moreover, the projection of the screen (SC) bottom of rear projection equipment will be enlarged. If it exceeds the maximum of conditional expression (2), long clinch air length will be taken too much, and the need of taking the method of coping with it when exceeding the maximum of the conditional expression (1) described in the top will be born. It stops for this reason, being fit for small and lightweight-izing, and low cost-ization.

[0041] It is desirable to fill the following conditional expression (3) and (4) about the positive lens which consists of the anomalous-scattering material used for the back group (GrR).

$V_d > 75$ -- (3) $0.52 < (N_g - N_f) / (N_f - N_c) < 0.56$ -- the refractive index to (4) however the Abbe number (n_d) of V_d :anomalous-scattering material, and g line of N_g :anomalous-scattering material, the refractive index to f line of N_f :anomalous-scattering material, and the refractive index to c line of N_c :anomalous-scattering material -- it comes out.

[0042] Conditional expression (3) and (4) have specified the conditions about the definition of an

anomalous-scattering material. The glass map which took $(N_g - N_f)/(N_f - N_c)$ and V_d along the axis of ordinate and the horizontal axis, respectively is considered. That whose V_d is too high does not exist with the glass which does not enter inside [which is formed at the minimum of conditional expression (3), the maximum of conditional expression (4), and a minimum] three sides at this time (V_d is 90 or more), V_d is not too high and the glass located in the outside of three sides does not have [secondary spectrum amendment capacity is low and] an enough effect to the extent that lens number of sheets can be reduced. For this reason, what does not fill conditional expression (3) and (4) has not turned to an incident light study system with little lens number of sheets.

[0043] It is desirable to fill the following conditional expression (5) about the lens which has the aspheric surface of a pre-group (GrF) or a back group (GrR).

$-0.5 < f_{fa}/f_{ra} < 0.5$ -- (5) however the focal distance of the lens which has the aspheric surface of a pre-group (GrF), and the focal distance of the lens which has the aspheric surface of an after [f_{ra}] group (GrR) -- it comes out.

[0044] Conditional expression (5) has specified the relation of the focal distance of the lens which has the aspheric surface of a pre-group (GrF) for reducing the focus gap by the temperature change, and the lens which has the aspheric surface of a back group (GrR). that the incident light study system for projectors has a large diameter of a lens although a glass lens and the compound-die aspheric lens which consists of the hardening materials (for example, ultraviolet curing mold resin, heat-curing mold resin, etc.) of closing in generally are not influenced by the temperature characteristic rather than a plastic lens, that the variation rate (Deviation) from the spherical-surface configuration of an aspheric surface configuration is large, that a manufacturing cost is high, and ** -- it is not suitable for an incident light study system by inner one of reasons.

[0045] Therefore, although it is common to use the aspheric lens of plastic molding, the configuration of a plastic lens and its refractive index are dramatically sensitive to a temperature change. The refractive-index change ($\Delta n/\Delta T$) by the coefficient of linear expansion (α) by the temperature change and the temperature change of plastics is extraordinarily large compared with a glass lens. Moreover, since the signs of coefficient of linear expansion (α) and refractive-index change ($\Delta n/\Delta T$) differ, the expansion and refractive-index change by the temperature change serve to move a focus in the same direction. it is like the gestalt of each operation -- extensive -- in field angle optical system, when the plastic lens of the same focal distance as the same material is in a pre-group (GrF) and a back group (GrR) temporarily, the focus gap by the temperature change which the plastic lens of a back group (GrR) brings about becomes about 10 times of a pre-group (GrF). It must stop therefore, having to store the focal distance ratio of the aspheric lens of a pre-group (GrF) and a back group (GrR) in a certain range. Conditional expression (5) has specified the range. If the limit of the condition range of conditional expression (5) is exceeded, the focus gap by the temperature change becomes large too much, and as long as there is no focal device interlocked with the thermo sensor, the resolution of an incident light study system will serve as imperfection.

[0046] Moreover, it is still more desirable to fill the conditional expression (5a) of the following which pulled up the minimum of conditional expression (5).

$-0.3 < f_{fa}/f_{ra} < 0.5$ -- (5a) [0047] The reason for pulling up the minimum of conditional expression (5) is explained. In order to perform distortion amendment effectively, as for the aspheric lens of a pre-group (GrF), it is desirable to approach an amplification conjugation side, and it is still more desirable to have

negative power. For example, when it thinks with the aspheric lens simple substance of a pre-group (GrF), according to lifting of temperature, a focus shall move in the direction of Q. Since it is positive on the whole, if the lens with which the signs of coefficient of linear expansion (α) and refractive-index change ($\Delta n/\Delta T$) differ by glass lenses other than an aspheric lens is used abundantly, even if the power of a back group (GrR) removes the focus error of the aspheric lens of a back group (GrR), it is easier for it than the reverse to make a focus act in the direction of $-Q$ by those glass lenses by the temperature rise. Therefore, it can be said that it is desirable to fill the conditional expression (5a) which pulled up the minimum of conditional expression (5).

[0048] It is still more desirable to fill the following conditional expression (5b) so that there may be no need of using abundantly the glass lens from which the sign of coefficient of linear expansion (α) and refractive-index change ($\Delta n/\Delta T$) differs.

$-0.1 < -f\alpha/f\alpha < 0.2$ -- (5b) [0049] When the aspheric lens made from plastics is used for a back group (GrR), it is desirable the following conditional expression (5c) and (5d) for the value which broke the focal distance of the plastics aspheric lens of a back group (GrR) by the focal distance of the whole system to fulfill it, since the focus error by the temperature change of the lens is dramatically large. Moreover, it is desirable the following conditional expression (5e) and (5f) to fill with the same reason as having narrowed the minimum and maximum of conditional expression (5). In order to lengthen a focal distance, fully demonstrating the aberration amendment capacity of an aspheric surface configuration, as for the aspheric lens of a back group (GrR), it is desirable that it is a meniscus lens.

$f\alpha/f > 4$ -- (5c) $f\alpha/f < -4$ -- (5d) $f\alpha/f > 16$ -- (5e) $f\alpha/f < -8$ -- (5f) [0050] Like the gestalt (drawing 10 , drawing 11) of the 6th and the 7th operation, it is desirable to have a condenser lens (CL) between a projection light preparation means (PT) and a light valve (PA). Using a condenser lens (CL) means breaking down the tele cent rucksack nature of a beam of light which passes a projection light preparation means (PT). Since most space is not filled with a medium when an PBS sheet (PT2) etc. is used as a projection light preparation means (PT), the long lens back of an incident light study system must be taken rather than the case where PBS prism (PT1), a crossing dichroic prism (PT3), etc. are used. If it becomes like this and the flux of light of the same f number will be projected at all with the same field angle, while it becomes difficult to maintain the engine performance of an incident light study system, the diameter of a lens becomes large. It stops for this reason, being fit for highly-minute-izing, small and lightweight-izing, and low cost-izing. (Tele cent rucksack nature's collapsing) and these problems are solvable by inserting a condenser lens (CL) between a projection light preparation means (PT) and a light valve (PA).

[0051] The thing of a back group (GrR) for which the aspheric surface which it has in a back group (GrR) is most established in lenses other than the lens by the side of cutback conjugation like the gestalt of each operation is desirable. That is, the thing which are located in an amplification conjugation side and for which the aspheric surface is most established in lenses other than the lens by the side of a cutback is more desirable than a projection light preparation means (PT). This is the conditions about the aspheric surface location of a back group (GrR). Generally, although the capacitor which condenses the source of the illumination light and its divergence light in the projector which carries out amplification projection of the display image of a small light valve (PA) is required, the lower limit of the f number injected from each pixel of a light valve (PA) is decided from the relation between the arc length of the light source, the path of a capacitor, and the magnitude of a light valve (PA). And it is common that the arc length exists and the magnitude of a light valve (PA) becomes smaller than the capacitor which condenses the

divergence light of the light source. Therefore, in order to utilize the illumination light effectively, the small incident light study system of the f number is required.

[0052] Moreover, if the path of an incident light study system is small, while it will be useful to the cutback of a material cost or conversion costs, the clinch in the middle of an incident light study system becomes easy. In order to attain the small incident light study system of the f number and a path based on these, it is most effective to give positive power strong against the lens nearest to a light valve (PA) of an incident light study system, and to suppress divergence of incident light from a bottom. However, it is unsuitable if the temperature characteristic of the aspheric lens as for which the focal distance became short with a natural thing and which was described in the top when this role was made the aspheric lens is taken into consideration. Therefore, the aspheric lens of a back group (GrR) needs not to be a lens by the side of cutback conjugation most.

[0053] It is desirable for both the 1st lens (G1) and the 2nd lens (G2) to be meniscus lenses which have negative power. This is the conditions about the configuration of the 1st and 2nd lens (G1, G2) of a pre-group (GrF). It becomes important that you make it refracted as gently-sloping as possible so that the 1st and 2nd lenses (G1, G2) may not centralize refractive power on one field by the 4th page of the 1st and 2nd lenses (G1, G2), in order for the maximum field angle (ω) to carry out condition maintenance of the error sensitivity low, without increasing lens number of sheets rapidly in an incident light study system 48 degrees or more by negative power. In order to do so, it is desirable for the 1st and 2nd lenses (G1, G2) to be meniscus lenses, and it is still more desirable that it is the meniscus lens which turned the convex to the amplification conjugation side.

[0054] As for the lens which has the aspheric surface, it is desirable that it is a plastic lens. This is the conditions about the material of an aspheric lens. that the incident light study system for projectors has a large diameter of a lens although a glass lens and the compound-die aspheric lens which consists of the hardening materials (for example, ultraviolet curing mold resin etc.) of closing in are not more remarkable than a plastic lens about the temperature characteristic as mentioned above, that the variation rate (Deviation) from the spherical surface of an aspheric surface configuration is large, that a manufacturing cost is high, and ** -- it is not suitable for an incident light study system by inner one of reasons. Therefore, it is desirable to use the aspheric lens of plastic molding.

[0055] It is desirable for the optical axis of a pre-group (GrF) to sometimes carry out parallel eccentricity of all to the straight system optically the bottom to the optical axis of a back group (GrR). For example, it is desirable to contain the parallel eccentricity of a pre-group [as opposed to / the optical axis (AXF) of a pre-group (GrF) has shifted to the optical axis (AXR) of a back group (GrR) like the gestalt of the 5th operation, and / a back group (GrR) to the optical-axis gap] (GrF) shown in drawing 9 . The incident light study system concerning the gestalt of the 5th operation has optical composition the light valve (PA) center shifted [composition] from the optical axis (AXR) of a back group (GrR) (drawing 8). Since counter amendment of each aberration can be carried out by the pre-group (GrF) and the back group (GrR) by the gap, it is desirable for the optical axis (AXF, AXR) of a pre-group (GrF) and a back group (GrR) to carry out parallel eccentricity, and to arrange it.

[0056] It is desirable for the optical-path bending means to have consisted of prism (PR), and for the 1st [at least] page of the transparency sides to lean to the optical axis (AXR) of a back group (GrR). This is the conditions about the inclination of the prism transparency side when using prism (PR) as an optical-path bending means, and the gestalt (drawing 8 , drawing 9) of the 5th operation fulfills this

condition. Although it is as having explained the effect using prism (PR) previously, it is effective to lean the refracting interface of prism (PR) further, when amending astigmatism. In the gestalt of the 5th operation, since the light valve (PA) center has shifted from the back group (GrR) center, as for the image on which it was projected, performance degradation happens in the image quantity to which the incident angle over a screen (SC) becomes large by the gap. Moreover, as for carrier beam image quantity, the engine performance tends to become good about the effect of the objection. By leaning a prism side, this heterogeneity over astigmatism can be softened and a better image can be obtained on the whole screen.

[0057] It is desirable for the optical axis (AXF) of a pre-group (GrF) to sometimes lean optically the bottom wholly as the straight system to the optical axis (AXR) of a back group (GrR). This is the conditions about the inclination of the optical axis (AXF) of a pre-group (GrF), and the optical axis (AXR) of a back group (GrR), and the gestalt (drawing 8 , drawing 9) of the 5th operation fulfills this condition. With the gestalt of the 5th operation, since the light valve (PA) center has shifted from the back group (GrR) center, when the best image engine performance in the image light based on light valves (PA) is obtained, the whole image surface will incline to an one direction. By leaning the optical axis (AXF) of a pre-group (GrF) to the optical axis (AXR) of a back group (GrR), counter amendment of this inclination can be carried out, and the good engine performance can be attained.

[0058] With the gestalt (drawing 3 , drawing 7) of the 3rd and the 4th operation, maintaining the physical relationship (photograph center criteria) of the direction of (Screen SC) normal of a light valve (PA) and a screen (SC), unitization is carried out so that it may carry in the rear projection TV of screen size which the incident light study system is constituted so that it can respond to the change of screen (SC) size, and is different. For example, with the gestalt of the 3rd operation, the change in the screen (SC) size (drawing 5) of 40 molds and the screen (SC) size (drawing 6) of 50 molds is attained. It is desirable for a back group (GrR) to have the 1st focus group of the positive power which performs focusing by moving in accordance with an optical axis in the drawing (ST) neighborhood in a back group (GrR), and the 2nd focus group of the positive power which amends a minute focal gap by moving in accordance with an optical axis on the occasion of the change of such two or more screen (SC) sizes. With the gestalt of the 3rd and the 4th operation, the 1st focus group extracts as the 4th lens (G4), and consists of (ST), and the 2nd focus group consists of the 9th lens (G9). In addition, the 2nd focus group is a focus fine adjustment means for amending the minute focal gap produced from the error by mechanism precision, assembly precision, etc.

[0059] By using it for a focus by making into the 1st focus group the group of the positive power in which curvature-of-field amendment is possible and which extracts and is located near (ST), while performing a focus, the curvature of field generated in that case can be amended simultaneously. Since the group in which lens number of sheets has power negative by the back group (GrR) in few systems has the high sensitivity to chromatic aberration, it is unsuitable as a focal group. It is necessary to be the group in which the 2nd focus group which performs a fine control focus also has positive power by the same reason. Moreover, the pre-group (GrF) has not turned to a focal group, in order that the sensitivity to the inclination of the projection location fluctuation by the inclination of an optical axis or the image surface may be high and the single lens of a pre-group (GrF) may have an adverse effect also on distortion aberration in addition to it. Moreover, since it is indispensable that there is little fluctuation of the curvature of field accompanying migration as for the 2nd focus group, it is desirable that it is the group which extracted and is separated from (ST).

[0060] By still such system, it extracts as an optical-path bending means, and since it extracts and the direction of the distance between (ST) and a projection light preparation means (PT) becomes long, as for the 2nd focus group, it is more desirable than the space between (STs) to extract and to be located in a cutback conjugation side from (ST). Furthermore, if the lens by the side of cutback conjugation is a single lens (cementation etc. is not carried out) which has the positive power of an incident light study system and the 2nd focus group is the one lens, since the amount of curvature-of-field fluctuation at the time of a focus serves as min, it is the most desirable. Moreover, if the 2nd focus group is a single lens, it is effective in the mechanism configuration of a focus becoming easier.

[0061] It is desirable to replace at least one lens in the 1st focus group with another lens which has the 1st [at least] page of the field where curvature differs from the lens on the occasion of the change of screen (SC) size. With the gestalt (drawing 7) of the 4th operation, the 4th lens (G4) supports the change of screen (SC) size by being exchanged. The effect by un-communalizing [of the focal group at the time of the change of such screen (SC) size] is explained. When I hear that that it is the group which has an effect in curvature-of-field amendment has the large amount of fluctuation of the curvature of field to migration of the group, there is and the balance of the amount of focuses and the amount of curvature-of-field amendments by migration of the group has collapsed, the amount of focuses and the amount of curvature-of-field amendments can be balanced by changing the curvature of the 1st [at least] page in this group. Furthermore, balance of the amount of focal adjustments and the amount of curvature-of-field amendments can be further improved by carrying out a focus with a single lens and making the lens perfect [un-], simplifying a mechanism configuration.

[0062] It is desirable to replace at least one lens in a pre-group (GrF) with another lens which has the 1st [at least] page of the field where curvature differs from the lens on the occasion of the change of screen (SC) size. With the gestalt (drawing 7) of the 4th operation, the 3rd lens (G3) supports the change of screen (SC) size by being exchanged. The effect by un-communalizing [of the field of the pre-group (GrF) at the time of such a focus] is explained. Since it extracts and the flux of light of a long distance and each image quantity dissociates from (ST), the refracting interface of a pre-group (GrF) has the high distortion amendment effect to the sensitivity to a focus gap. For this reason, since impossible distortion amendment can be performed, if this distortion amendment is added to the focus by migration and lens exchange of the 1st focus group, optical-character ability can be further raised in migration and lens exchange of the 1st focus group.

[0063] It is desirable to constitute the pre-group (GrF) pivotable along with the ball which has a center on the optical axis of a pre-group (GrF). For example, if the pre-group (GrF) is constituted pivotable like the gestalt of the 3rd operation along with the ball which is shown in drawing 4 and which has a center (CP) on the optical axis of a pre-group (GrF), inclination amendment of the image surface can be performed. If it has optical-path bending means, such as prism (PR), at all, it is difficult to carry out simultaneous processing of the lens barrel of a pre-group (GrF) and a back group (GrR), and especially the thing for which the mechanism precision which fully absorbs the inclination of the optical axis of a pre-group (GrF) and a back group (GrR) is attained is difficult. In order that the image surface may incline according to generating of this inclination, in order to amend the inclination of the image surface, suppressing other aberration generating as much as possible, it is optimal to rotate the whole pre-group (GrF) along with the ball which had a center (CP) on the optical axis of a pre-group (GrF).

[0064] Furthermore, it is desirable to place the center of rotation (CP) of a pre-group (GrF) near the back

principal point location, and it can amend the inclination of the image surface, without moving a projection location by it. Moreover, also in the inclination of an optical-path bending means and location gap to a back group (GrR), it is difficult to take out sufficient precision from the same reason. Although a projection location gap occurs from this error, a projection location gap can also be amended by placing the center of rotation (CP) of a pre-group (GrF) on the optical axis of the pre-group [location / back principal point] (GrF) intentionally shifted. Therefore, when the location precision of the optical-path bending means against a back group (GrR) is not enough, it is desirable to establish the center of rotation (CP) of a pre-group (GrF) in such a location.

[0065]

[Example] Hereafter, construction data etc. is mentioned and the incident light study system for rear projections which carried out this invention is explained still more concretely. The examples 1-7 given here are equivalent to the gestalt of the 1st - the 7th operation mentioned above, respectively, and drawing 1 showing the gestalt of each operation - drawing 3 , drawing 7 , drawing 8 , drawing 10 , and drawing 11 show the optical path of each corresponding example etc., respectively.

[0066] The construction data of examples 1-7 is shown in a table 1, a table 3, a table 5, a table 7, a table 9, a table 12, and a table 14. However, since the example 3 and the example 4 (a table 5, table 7) have composition corresponding to the change of screen (SC) size, they mention the data of two positions (50 molds, 40 molds). In the construction data of each example, Si (i= 1, 2 and 3, ...) is counted from an amplification conjugation side, the i-th field and CR show the radius of curvature (mm) of Field Si, T shows the axial upper surface gap (mm), and Nd and nud show the refractive index and the Abbe number to d line of an optical element, respectively. Moreover, the field Si where * was attached is the aspheric surface of the field configuration defined by the following formulas (AS), and shows the aspheric surface data ($E \cdot n = x \cdot 10^{-n}$) of examples 1-7 in a table 2, a table 4, a table 6, a table 8, a table 11, a table 13, and a table 15.

[0067]

$X(H) = (C0, H2) / \{1 + \sqrt{1 - \epsilon \cdot C^2, H2}\} + (A4, H4 + A6, H6 + A8, H8 + A10 \text{ and } H10 + A12, H12)$ (AS)
 --AS Correct. the variation rate of the direction of an optical axis in the inside of a formula (AS), and the location of X(H):height H -- an amount (plane peak point criteria) and H:optical axis -- receiving -- the height of a vertical direction, C0:paraxial curvature (= $1/CR$), ϵ :curved-surface [secondary] parameter, and Ai:i -- the following aspheric surface coefficient (i= 4, 6, 8, 10, 12) -- it comes out.

[0068] The coordinate data of an example 5 is shown in a table 10. the coaxial system which arrangement of the field in a coaxial system was specified at intervals of the axial upper surface (T) with the field in front of an amplification conjugation side, and carried out eccentricity mutually in the construction data of an example 5 -- the field by the side of amplification conjugation (S1, S7, S8, S9) is most specified with coordinate data. Arrangement of the field (S1, S7, S8, S9) specified with coordinate data is specified with the location and inclination of the field. In the global rectangular coordinate system (x y, z) which the location of each field (S1, S7, S8, S9) makes the plane peak point of the 1st page (S1) a zero (0, 0, 0), and makes the direction of a normal in the plane peak point the direction of a x axis (a cutback conjugation side is positive) It is expressed with the plane peak point coordinate (x y, z) of each side (S1, S7, S8, S9). In the 1st page (S1), the optical axis (AXF, drawing 9) of a pre-group (GrF) with which the tangential plane in a plane peak point passes along a plane peak point in accordance with a y-z flat surface (z shaft orientations are perpendicularly to the space of each optical cross section) is in agreement with a x axis.

However, since an optical path is bent by prism (PR), the optical axis (AXF) and x axis passing through each field are not in agreement. Then, the normal and optical axis (AXF) in a plane peak point of each field (S1, S7, S8, S9) express the inclination of each field (S1, S7, S8, S9) with angle of rotation (a clockwise rotation is positive) accomplished by revolution centering on the z-axis.

[0069] Angle data (degree) is shown in a table 16 and a table 17 at the associated data and the associated data (FNO: f number) list of conditional expression. In addition, the focal distance (f) of the whole system of examples 6 and 7 is a value containing the condenser lens (CL) located near the light valve (PA). Moreover, the Abbe number (n_d) of the value of $(N_g - N_f)/(N_f - N_c)$ in conditional expression (4) is the value of 75 or more anomalous-scattering materials.

[0070] Drawing 12 · drawing 20 are aberration drawings of each example, and show the aberration (drawing 14 · drawing 17) in the optical configuration corresponding to each screen size (50 molds, 40 molds) about examples 3 and 4. (A) among each drawing Spherical aberration (spherical aberration, mm; axis of ordinate: FNO), (B) Astigmatism (astigmatic aberration, mm; axis-of-ordinate: ω degree), (C) shows distortion aberration (distortion, %; horizontal-axis: ω degree), and (D) shows the chromatic aberration of magnification (lateral chromatic aberration, mm; horizontal-axis: ω degree). Aberration [as opposed to a beam of light with a wavelength of 546nm in a thick continuous line and a thin continuous line], aberration [as opposed to a beam of light with a wavelength of 450nm in a long dashed line], and a short dashed line are carrying out the table of the aberration over a 605nm beam of light, respectively. Moreover, in each drawing (B), DM shows the astigmatism in a meridional side and DS shows the astigmatism in a sagittal side.

[0071]

[A table 1]

実施例1のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	ν_d	光学要素等
S1*	141.48834				
S2*	29.96838	8.0006	1.49140	57.82	G1
S3	181.19465	19.7061			前群(GrF)
S4	25.98577	3.0000	1.74250	52.47	G2
S5	∞	15.9615			
S6	∞	58.8635	1.51680	64.20	プリズム(PR)
S7	52.71648	1.9959			
S8	-154.22228	8.5940	1.51680	84.20	
S9	∞	5.2871			
S10*	-73.61986	18.0934			絞り(ST)
S11*	-99.55909	2.7387	1.49140	57.82	後群(GrE)
S12	77.27975	2.3085			
S13	-30.57623	9.2530	1.49310	83.58	Vd
S14	-48.15452	0.2000			
S15	33.96243	3.8736	1.75000	25.14	
S16	33.96243	0.0301	1.51400	42.83	
S17	-54.57192	18.3623	1.51680	64.20	
S18	84.69408	0.2000			
S19	-84.70589	7.4923	1.66998	39.23	
S20	∞	1.6000			
S21	∞	0.3000	1.51680	64.20	$\lambda/4$ 板(P1)
S22	∞	29.3300	1.66998	83.18	プリズム(PT)
S23	∞	5.0000			
S24	∞	2.6000	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)

[0072]

[A table 2]

面	実施例 1 の非球面データ			
S1	ϵ	-8.76522	A8	6.83642E-14
	A4	3.88082E-06	A10	9.83688E-17
	A6	-9.35113E-10	A12	-1.62059E-20
S2	ϵ	-1.03211	A8	-3.42268E-12
	A4	8.11718E-06	A10	1.90515E-13
	A6	3.02295E-09	A12	-7.92054E-17
S10	ϵ	6.48721	A8	-1.90724E-10
	A4	5.32928E-06	A10	1.90515E-13
	A6	4.15957E-09	A12	-7.92054E-17
S11	ϵ	5.68815	A8	-1.48671E-10
	A4	0.000016628	A10	1.30268E-13
	A6	8.88780E-09	A12	1.56883E-16

[0073]

[A table 3]

実施例 2 のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1	78.48363	5.0000	1.71300	53.93	G1
S2	45.53334	16.8455			前群 (GrP)
S3	85.56743	4.2000	1.71300	53.93	
S4	34.82236	12.4373			G2
S5*	∞	5.8000	1.49300	58.34	
S6*	43.44115	21.7818			
S7	∞	70.0000	1.51880	64.20	ア'リ'ム(PR)
S8	∞	2.8585			
S9	-263.50494	10.0000	1.74400	44.93	
S10	-84.41499	0.1000			
S11	43.97893	4.8899	1.74400	44.93	
S12	106.34112	20.1236			
S13	∞	16.3002			絞り(ST)
S14	-25.19628	5.0000	1.49300	58.34	後群 (GrR)
S15*	-28.55819	0.1000			
S16	-140.89722	6.8927	1.49310	83.58	Vd
S17	-24.11536	0.1000			
S18	-56.50237	7.3511	1.48749	70.44	
S19	-21.95444	3.0000	1.80518	25.43	
S20	66.28707	1.1447			
S21	103.83720	10.0000	1.49310	83.58	Vd
S22	-35.87460	0.1000			
S23	198.39144	8.6817	1.80518	25.43	
S24	-67.14422	2.5200			
S25	∞	30.0000	1.62041	60.29	ア'リ'ム(PF)
S26	∞				

[0074]

[A table 4]

面	実施例 2 の非球面データ			
S5	ε	1.00000	A8	3.33793E-11
	A4	2.28136E-05	A10	-2.12345E-14
	A6	-3.29055E-08	A12	6.13134E-18
S6	ε	1.00000	A8	1.46371E-11
	A4	1.86529E-05	A10	-1.47111E-14
	A6	-3.22858E-08	A12	---
S15	ε	1.00000	A8	-4.44824E-12
	A4	1.72213E-05	A10	-1.47111E-14
	A6	1.65336E-08	A12	---

[0075]

[A table 5]

[0076]

[A table 6]

実施例3の非球面データ				
S1	ε	1.46380	A8	2.59057E-13
	A4	4.79852E-06	A10	1.03850E-16
	A6	-1.81462E-09	A12	-3.76804E-20
S2	ε	-4.97137	A8	-3.86301E-12
	A4	9.50835E-06	A10	2.07344E-15
	A6	-1.31973E-09	A12	-3.77595E-19
S12	ε	22.35470	A8	-9.65357E-11
	A4	4.81036E-06	A10	1.57010E-13
	A6	-2.79251E-08	A12	---
S13	ε	2.64561	A8	-1.05918E-10
	A4	1.37014E-05	A10	2.54580E-13
	A6	-1.54358E-08	A12	---

[0077]

[A table 7]

実施例4のコンストラクションデータ							
面	CR(50型)	CR(40型)	T(50型)	T(40型)	Nd	νd	光学要素等
S1*	252.90973	"					
S2*	48.74279	"	5.0000	"	1.48140	57.82	G1
S3	87.97958	"	9.1984	"			前群(GrF)
S4	94.16187	"	3.0000	"	1.71300	53.94	G2
S5	124.40039	"	12.2918	"			
S6	31.48367	31.94194	2.4600	"	1.61800	62.39	G3
S7	∞	"	13.3662	"			
S8	∞	"	55.0000	"	1.51680	64.20	7'9x'A(PR)
S9	85.90401	81.91530	2.0000	2.3771			
S10	-384.95958	-445.58341	11.0809	"	1.80518	25.43	G4
S11	∞	"	8.1995	"			絞り(ST)
S12*	-66.69581	"	22.0944	21.6574			
S13*	-88.01370	"	4.2808	"	1.49140	57.82	後群(GrR)
S14	101.03827	"	0.5298	"			
S15	-25.51650	"	14.0718	"	1.49310	83.58	Vd
S16	-41.58630	"	0.2000	"			
S17	40.11972	"	2.5000	"	1.80610	33.27	
S18	40.11972	"	0.0301	"	1.51400	42.83	
S19	-57.10384	"	12.8550	"	1.62041	60.29	
S20	124.82930	"	0.5000	"			
S21	-73.93155	"	7.0580	"	1.58913	61.11	G9
S22	∞	"	11.6000	"			
S23	∞	"	0.3000	"	1.51680	64.20	$\lambda/4$ 板(P1)
S24	∞	"	30.0000	"	1.60942	63.20	7'9x'A(PT)
S25	∞	"	2.6000	"	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)

[0078]

[A table 8]

面	実施例4の非球面データ			
S1	ε	15.03270	A8	2.72000E-14
	A4	0.00000461	A10	1.75000E-16
	A6	-1.42000E-09	A12	-4.90000E-20
S2	ε	-3.89086	A8	-4.29000E-12
	A4	0.0000071	A10	-1.12000E-13
	A6	1.47000E-09	A12	---
S12	ε	4.29686	A8	-1.02000E-10
	A4	0.00000622	A10	-1.12000E-13
	A6	-2.0200E-08	A12	---
S13	ε	5.05452	A8	-1.39000E-10
	A4	0.0000182	A10	2.43000E-13
	A6	1.19000E-08	A12	---

[0079]

[A table 9]

実施例5のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1*	34.78310				
S2*	18.19380	5.2694	1.49140	57.82	G1
S3	116.78200	20.7075			前群(GrF)
S4	28.80180	3.0000	1.71300	53.93	G2
S5	42.78770	7.3959			
S6	29.50060	2.4884	1.74400	44.93	
S7	∞	-----			
S8	∞	-----	1.51680	64.20	プリズムA(PR)
S9	52.65790	-----			
S10	-135.28900	9.9184	1.71736	29.50	
S11	∞	1.4014			絞り(ST)
S12*	-38.12400	16.4596			
S13*	-62.86300	4.8848	1.49140	57.82	後群(GrR)
S14	152.99400	0.4090			
S15	-25.29400	9.5787	1.49310	83.58	Vd
S16	-43.80780	0.4000			
S17	31.92600	2.0000	1.71736	29.50	
S18	31.92600	0.0300	1.51400	42.83	
S19	173.84400	6.7062	1.48749	70.44	
S20	73.72350	0.4000			
S21	-35.78060	12.7372	1.49310	83.58	Vd
S22	165.76600	0.4000			
S23	-80.77980	8.0490	1.48749	70.44	
S24	∞	1.6000			
S25	∞	30.0000	1.60713	63.20	プリズムA(PT)

[0080]

[A table 10]

実施例5の座標データ				
面	x	y	z	回転角(°)
S1	0	0	0	0
S7	50.7541	0	0	1.7423
S8	99.5945	0	0	-0.3952
S9	101.6357	0.2256	0	2.0778

[0081]

[A table 11]

実施例5の非球面データ				
面				
S1	ϵ	-6.80813	A8	-2.38268E-13
	A4	8.42394E-07	A10	-2.60704E-17
	A6	1.04468E-09	A12	3.55340E-20
S2	ϵ	-1.34958	A8	3.59810E-12
	A4	7.78202E-06	A10	7.65695E-16
	A6	-4.44667E-09	A12	-1.67847E-18
S12	ϵ	1.24024	A8	-4.75670E-10
	A4	0.000030185	A10	5.70560E-13
	A6	-3.28734E-08	A12	1.65635E-15
S13	ϵ	-0.770318	A8	-5.25688E-10
	A4	4.64884E-05	A10	1.15153E-12
	A6	1.13929E-08	A12	-5.10772E-16

[0082]

[A table 12]

実施例6のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1*	226.43953	4.5934	1.52200	52.20	G1 前群(GrF) G2
S2*	47.14913	8.9870			
S3	77.49715	3.0000	1.74350	49.24	
S4	34.93511	15.2138			
S5	-576.25105	2.4645	1.57250	57.54	
S6	32.18798	13.6355			7°リス'Δ(PR)
S7	∞	47.3021	1.51880	64.20	
S8	∞	1.9875			
S9	53.87744	7.0676	1.74000	31.72	
S10	-300.00813	20.5582			
S11	∞	2.8726			絞り(ST) 後群(GrR) Vd
S12*	-22.86730	7.7983	1.52200	52.20	
S13*	-25.80086	4.30704			
S14	87.78013	10.0695	1.49310	83.58	
S15	-24.56867	0.2000			
S16	-84.35401	3.0000	1.75890	31.79	
S17	29.33747	0.0301	1.51400	42.83	
S18	29.33747	6.9538	1.48749	70.44	
S19	539.91599	3.5000			
S20	391.75435	5.1013	1.62337	57.03	
S21	-47.92392	5.0000			偏光板(P0)
S22	∞	1.3000	1.51880	64.20	
S23	∞	28.7000			
S24	59.15935	4.6800	1.60944	63.18	
S25	∞	4.3300			
S26	∞	1.2000	1.51880	64.20	コンデンサ(CL) λ/2板(P2)
S27	∞				

[0083]

[A table 13]

実施例6の非球面データ				
面				
S1	ε	-7.12318	A8	3.01414E-13
	A4	4.68114E-06	A10	5.18964E-17
	A6	-1.53772E-09	A12	-3.40095E-20
S2	ε	-3.48402	A8	-1.61980E-12
	A4	8.18282E-06	A10	-8.33520E-16
	A6	1.18789E-10	A12	4.54960E-19
S12	ε	0.39625	A8	9.47898E-11
	A4	2.34424E-06	A10	-1.23148E-12
	A6	9.33724E-08	A12	3.87810E-15
S18	ε	0.21115	A8	2.62754E-10
	A4	1.99132E-05	A10	-5.98860E-13
	A6	6.49040E-08	A12	1.19404E-15

[0084]

[A table 14]

実施例7のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1	85.07728				
S2	40.82868	5.0000	1.75450	51.57	G1
S3	67.43981	11.0719			前群(GrF)
S4	31.99144	5.0000	1.75450	51.57	
S5*	148.13687	11.3907			G2
S6*	29.08620	5.0000	1.49300	58.34	
S7	∞	11.0000			
S8	∞	60.0000	1.51680	64.20	7°ワズ*Δ(PR)
S9	-353.78193	6.0000			
S10	51.36534	8.8647	1.85	40.04	後群(GrR)
S11	119.32491	1.9992			
S12	-78.29051	4.6297	1.54072	47.20	
S13	36.70448	0.1000			
S14	-1019.09789	9.9331	1.80518	25.43	絞り(ST)
S15	∞	17.9592			
S16	-33.93368	1.6196			
S17	30.40619	3.0000	1.80518	25.43	
S18	30.40619	0.0300	1.51400	42.83	
S19	165.81411	3.0000	1.51680	64.20	
S20*	45.09654	0.1000			
S21*	-43.44632	10.0000	1.49300	58.34	
S22	-14442.51878	3.5965			
S23	-25.91728	9.0000	1.49310	83.58	Vd
S24	57.58558	46.0000			
S25	∞	5.0000	1.62041	60.29	コンデンサ(CL)

[0085]

[A table 15]

面	実施例7の非球面データ			
S5	ε	1.00000	A8	1.35490E-11
	A4	1.34020E-05	A10	-5.56518E-15
	A6	-1.86749E-08	A12	---
S6	ε	0.31662378	A8	-7.90765E-12
	A4	7.42671E-06	A10	2.31146E-14
	A6	-2.12232E-08	A12	-1.17501E-17
S20	ε	1.00000	A8	-3.96264E-11
	A4	4.15417E-06	A10	5.78079E-14
	A6	2.35790E-08	A12	---
S21	ε	1.00000	A8	3.84976E-11
	A4	1.89816E-05	A10	-7.01516E-14
	A6	3.64673E-08	A12	---

[0086]

[A table 16]

条件式の対応・関連データ										
実施例	型	f	FNO	(1)	(2)等		(4)	(5)等		
				ω	D1/f	D2/f	$(N_g-N_f)/(N_f-N_c)$	ffa	fra	$ -ffa / fra $
1	-	13.0284	2.5	50.50	4.332	2.407	0.539288	-78.473	-593.265	0.132
2	-	13.2400	2.5	50.62	5.347	2.286	0.539288	-88.116	-848.390	0.104
3	50	13.1260	2.4	50.00	5.301	2.281	0.539288	-111.458	-9875.853	0.011
	40	13.0720	2.4	50.00	5.280	2.270	0.539000	-111.458	-9875.853	0.011
4	50	13.1000	2.8	50.00	3.941	3.036	0.539288	-117.179	-10049.107	0.012
	40	13.1570	2.8	50.00	3.950	3.040	0.539000	-117.179	-10049.107	0.012
5	-	11.7800	2.5	56.50	3.915	2.527	0.539288	-86.396	-210.088	0.411
6	-	13.0833	2.5	50.44	3.576	2.641	0.539288	-114.589	-4980.724	0.026
7	-	13.9572	2.5	50.92	4.558	3.444	0.539288	-74.315	48.623	1.594

[0087]

[A table 17]

角度データ(°)									
実施例	$\theta 1$ 最大値		$\theta 2$						$\theta 3$
	50型	40型	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
1	0.06	--	42.9	38.0	80.0	35.3	--	--	108.8
2	0.42	--	50.3	29.3	63.6	29.3	57.8	63.3	120.0
3	0.38	0.41	52.1	50.2	56.9	38.5	84.0	46.4	108.4
4	0.25	0.35	50.0	49.0	60.9	38.5	78.2	46.5	112.3
5	0.08	--	35.0	35.0	74.4	35.6	58.0	45.8	83.0
6	0.37	--	50.0	54.8	63.9	39.0	--	47.0	109.7
7	0.57	--	45.0	26.8	57.0	26.5	74.1	83.0	110.0

[0088]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it is possible to realize a lightweight and small highly efficient incident light study system with an extensive field angle. And by using the incident light study system concerning this invention, a high definition projection image can be obtained and it is possible to attain light weight and thin shape-ization with high definition-ization of rear projection equipment.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of a gestalt (example 1) of the 1st operation.

[Drawing 2] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of a gestalt (example 2) of the 2nd operation.

[Drawing 3] The cross section showing the optical configuration (40 molds) and projection optical path of a gestalt (example 3) of the 3rd operation.

[Drawing 4] The cross section showing the optical configuration (40 molds) and projection optical path in the case of performing inclination amendment of the image surface in the gestalt (example 3) of the 3rd operation.

[Drawing 5] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of the whole rear projection equipment (40 molds) which applied the gestalt (example 3) of the 3rd operation.

[Drawing 6] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of the whole rear projection equipment (50 molds) which applied the gestalt (example 3) of the 3rd operation.

[Drawing 7] The cross section showing the optical configuration (40 molds) and projection optical path of a gestalt (example 4) of the 4th operation.

[Drawing 8] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of a gestalt (example 5) of the 5th operation.

[Drawing 9] The cross section for explaining the eccentric condition of the pre-group and back group in the gestalt (example 5) of the 5th operation.

[Drawing 10] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of a gestalt (example 6) of the 6th operation.

[Drawing 11] The cross section showing the optical configuration and projection optical path of a gestalt (example 7) of the 7th operation.

[Drawing 12] Aberration drawing of an example 1.

[Drawing 13] Aberration drawing of an example 2.

[Drawing 14] Aberration drawing of an example 3 (50 molds).

[Drawing 15] Aberration drawing of an example 3 (40 molds).

[Drawing 16] Aberration drawing of an example 4 (50 molds).

[Drawing 17] Aberration drawing of an example 4 (40 molds).

[Drawing 18] Aberration drawing of an example 5.

[Drawing 19] Aberration drawing of an example 6.

[Drawing 20] Aberration drawing of an example 7.

[Drawing 21] The mimetic diagram showing the example of a projection light preparation means.

[Description of Notations]

PA -- Light valve

GrF -- Pre-group

GrR -- After group

PR -- Prism (optical-path bending means)

PT -- Projection light preparation means

G1 -- The 1st lens

G2 -- The 2nd lens

G3 -- The 3rd lens

G4 -- The 4th lens (the 1st focus group)

ST -- It extracts (the 1st focus group).

G9 -- The 9th lens (the 2nd focus group)

CL -- Condenser lens

AXF -- Optical axis of a pre-group

AXR -- Optical axis of an after group

CP -- Center of rotation of a pre-group

SC -- Screen

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-15033
(P2003-15033A)

(43) 公開日 平成15年1月15日 (2003.1.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)	
G 0 2 B	13/24	G 0 2 B	13/24	2 H 0 8 7
	13/04		13/04	D 2 H 0 8 8
	13/18		13/18	2 H 0 9 1
	13/22		13/22	5 C 0 5 8
	17/08		17/08	A
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 28 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願2001-196884(P2001-196884)

(22) 出願日 平成13年6月28日(2001.6.28)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 桑 富榮

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫 (外1名)

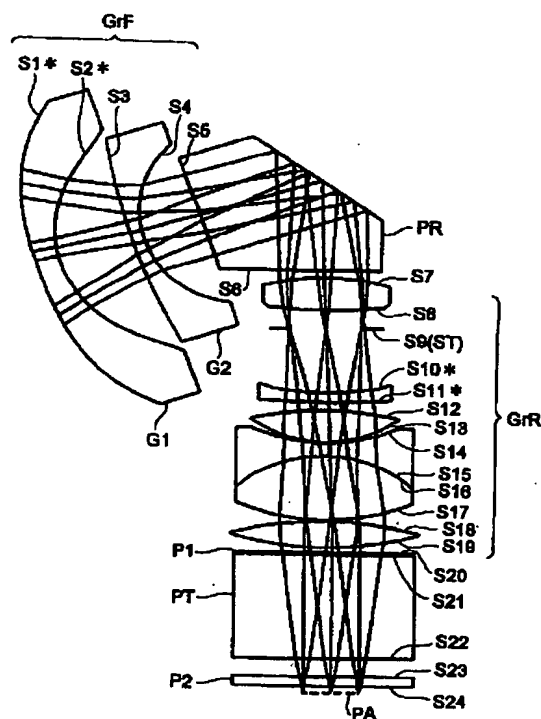
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射光学系

(57) 【要約】

【課題】 高精細な投影画像が得られる、広画角で軽量・小型の高性能な投射光学系を提供する。

【解決手段】 ライトバルブ(PA)から略テラセントリックに射出した映像光でその表示画像をスクリーン(SC)上に拡大投影するリアプロジェクション用の投射光学系であって、拡大共役側から順に、非球面を有する負パワーの前群(GrF)と、反射面で光路を折り曲げるプリズム(P R)と、非球面を有する正パワーの後群(GrR)と、を備え、第1、第2レンズ(G1)が負パワーを有し、異常分散材料から成る正パワーのレンズを後群(GrR)に有し、後群(GrR)の光軸上にライトバルブ(PA)中心が位置せず、ライトバルブ(PA)との間にプリズム(PT)が配置され、更に条件式： $48 < \omega < 60$, $3 < D1/f < 7$, $Vd > 75$, $0.52 < (Ng-Nf)/(Nf-Nc) < 0.56$ { ω : 最大画角(°)、D1: 折り返し空気長、f: 全系の焦点距離、Vd: 異常分散材料のAッペ数、Ng, Nf, Nc: 異常分散材料のg線、f線、c線に対する屈折率}を満たす。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ライトバルブから略テレセントリックに射出した映像光でその表示画像をスクリーン上に拡大投影するリアプロジェクション用の投射光学系であって、拡大共役側から順に、非球面を有しかつ負のパワーを有する前群と、反射面で光路を折り曲げる光路折り曲げ手段と、非球面を有しかつ正のパワーを有する後群と、を備え、前記前群を構成している最も拡大共役側の第1レンズとそれに続く第2レンズとが共に負のパワーを有し、異常分散材料から成り正のパワーを有するレンズを前記後群に有し、前記後群の光軸上にライトバルブ中心が位置せず、ライトバルブとの間に照明光と投影光との分離又は異なる色光の合成を行う投影光準備手段が配置され、更に以下の条件式(1)～(4)を満たすことを特徴とする投射光学系；

$$48 < \omega < 60 \quad \cdots (1)$$

$$3 < D1/f < 7 \quad \cdots (2)$$

$$Vd > 75 \quad \cdots (3)$$

$$0.52 < (Ng - Nf) / (Nf - Nc) < 0.56 \quad \cdots (4)$$

ただし、

ω ：最大画角(°)、

D1：折り返し空気長(前群の最も縮小共役側の面から後群の最も拡大共役側の面までの空気換算光路長)、

f：全系の焦点距離、

Vd：異常分散材料のアップ数、

Ng：異常分散材料のg線に対する屈折率、

Nf：異常分散材料のf線に対する屈折率、

Nc：異常分散材料のc線に対する屈折率、

である。

【請求項2】 更に以下の条件式(5)を満たすことを特徴とする請求項1記載の投射光学系；

$$-0.5 < -ffa/fra < 0.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

ffa：前群の非球面を有するレンズの焦点距離、

fra：後群の非球面を有するレンズの焦点距離、である。

【請求項3】 ライトバルブから略テレセントリックに射出した映像光でその表示画像をスクリーン上に拡大投影するリアプロジェクション用の投射光学系であって、拡大共役側から順に、非球面を有しかつ負のパワーを有する前群と、反射面で光路を折り曲げる光路折り曲げ手段と、非球面を有しかつ正のパワーを有する後群と、を備え、前記前群を構成している最も拡大共役側の第1レンズとそれに続く第2レンズとが共に負のパワーを有し、前記後群の光軸上にライトバルブ中心が位置せず、ライトバルブとの間に照明光と投影光との分離又は光路の合成を行う投影光準備手段が配置され、更に以下の条件式(1)、(2)及び(5)を満たすことを特徴とする投射光学系；

$$48 < \omega < 60 \quad \cdots (1)$$

2

$$3 < D1/f < 7 \quad \cdots (2)$$

$$-0.5 < -ffa/fra < 0.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

ω ：最大画角(°)、

D1：折り返し空気長(前群の最も縮小共役側の面から後群の最も拡大共役側の面までの空気換算光路長)、

f：全系の焦点距離、

ffa：前群の非球面を有するレンズの焦点距離、

fra：後群の非球面を有するレンズの焦点距離、

である。

【請求項4】 さらに前記投影光準備手段とライトバルブとの間にコンデンサーレンズを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項5】 前記後群に有する非球面が、前記後群の最も縮小共役側のレンズ以外のレンズに設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項6】 前記第1レンズ及び第2レンズが共に負のパワーを有するメニスカスレンズであることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項7】 前記非球面を有するレンズがプラスチックレンズであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項8】 前記前群の光軸が前記後群の光軸に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に平行偏芯していることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項9】 前記光路折り曲げ手段がプリズムから成り、その透過面の少なくとも1面が前記後群の光軸に対して傾いていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項10】 前記前群の光軸が前記後群の光軸に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に傾いていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項11】 異なるスクリーンサイズのリアプロジェクション装置に搭載可能で、スクリーンサイズの切り替えに対応するように構成された投射光学ユニットであって、スクリーンサイズの切り替えに際し、前記後群内の絞り近辺で光軸に沿って移動することによりフォーカシングを行う正パワーの第1フォーカス群と、光軸に沿って移動することにより微小なフォーカスずれを補正する正パワーの第2フォーカス群と、を前記後群が有することを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載の投射光学系。

【請求項12】 スクリーンサイズの切り替えに際し、前記第1フォーカス群内の少なくとも1個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも1面有する別のレンズと置き換えられることを特徴とする請求項11記載の投射光学系。

50

3

【請求項13】 スクリーンサイズの切り替えに際し、前記前群内の少なくとも1個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも1面有する別のレンズと置き換えられることを特徴とする請求項11又は12記載の投射光学系。

【請求項14】 前記前群の光軸上に中心を持つ球に沿って前記前群が回転可能に構成されていることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の投射光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は投射光学系に関するものであり、例えばライトバルブ(液晶パネル等)の表示画像をスクリーン上に拡大投影するリアプロジェクション装置に好適な投射光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、小型ライトバルブの表示画像を投射光学系を用いてスクリーンに拡大投影するリアプロジェクション装置が知られており、その軽量・小型化が望まれている。しかし、プロジェクション装置を軽量化しようとする、レンズ枚数を極端に増やすことができなくなり、プロジェクション装置を小型化するために投射光学系を広画角化しようとする、収差(特に色収差と歪曲収差)を抑えることが困難になってくる。このため、投射光学系には適切な光学構成が必要とされる。また、照明光による装置内の温度変化が光学性能劣化をもたらすため、レンズ材料の温度特性を考慮して各レンズの焦点距離や配置を設定する必要もある。

【0003】 広画角でレンズバックの長いレトロフォーカスタイプの投射光学系を用い、その光路を途中で折り曲げることにより、リアプロジェクション装置の奥行き方向の厚みを低減させることが可能である。光路を途中で折り曲げる投射光学系としては、拡大共役側から順に、第1及び第2レンズが負レンズで始まり非球面を有する全体で負のパワーを有する前群と、非球面を有し全体で正のパワーを有する後群と、から成るものが種々提案されている。例えば、特開平8-201688号公報、特開2001-42211号公報、米国特許第6144503号明細書等に、上記のように構成された投射光学系が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし上記従来例では、広画角化しようとする、少ないレンズ枚数で十分な色収差補正を行うことができなくなるといった問題、温度変化によりレンズバックが大きくズレてしまうといった問題がある。特に特開平8-201688号公報や特開2001-42211号公報記載の投射光学系では、広画角化する際に光路を鋭角に折るスペースが十分確保できず、リアプロジェクション装置の奥行き方向の厚みや画面下の突起を抑えるのには向いていない。また、米

(3)

4

国特許第6144503号明細書記載の投射光学系では、縮小共役側でテレセントリックになっていないため、光路分離や光路合成を行うプリズム等を用いる際にコントラスト低下、色ムラ、輝度ムラ等が発生し、したがって良好な画像を得ることは困難である。

【0005】 本発明はこれらの問題点を解決するためになされたものであって、高精細な投影画像が得られる、広画角で軽量・小型の高性能な投射光学系を提供することを目的とする。

10 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、第1の発明の投射光学系は、ライトバルブから略テレセントリックに射出した映像光でその表示画像をスクリーン上に拡大投影するリアプロジェクション用の投射光学系であって、拡大共役側から順に、非球面を有しかつ負のパワーを有する前群と、反射面で光路を折り曲げる光路折り曲げ手段と、非球面を有しかつ正のパワーを有する後群と、を備え、前記前群を構成している最も拡大共役側の第1レンズとそれに続く第2レンズとが共に負のパワーを有し、異常分散材料から成り正のパワーを有するレンズを前記後群に有し、前記後群の光軸上にライトバルブ中心が位置せず、ライトバルブとの間に照明光と投影光との分離又は異なる色光の合成を行う投影光準備手段が配置され、更に以下の条件式(1)～(4)を満たすことを特徴とする。

$$48 < \omega < 60 \quad \cdots (1)$$

$$3 < D1/f < 7 \quad \cdots (2)$$

$$Vd > 75 \quad \cdots (3)$$

$$0.52 < (Ng - Nf) / (Nf - Nc) < 0.56 \quad \cdots (4)$$

30 ただし、

ω : 最大画角(°)、

D1 : 折り返し空気長(前群の最も縮小共役側の面から後群の最も拡大共役側の面までの空気換算光路長)、

f : 全系の焦点距離、

Vd : 異常分散材料のアッペ数、

Ng : 異常分散材料の g 線に対する屈折率、

Nf : 異常分散材料の f 線に対する屈折率、

Nc : 異常分散材料の c 線に対する屈折率、

である。

40 【0007】 第2の発明の投射光学系は、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式(5)を満たすことを特徴とする。

$$-0.5 < -ffa/fra < 0.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

ffa : 前群の非球面を有するレンズの焦点距離、

fra : 後群の非球面を有するレンズの焦点距離、

である。

50 【0008】 第3の発明の投射光学系は、ライトバルブから略テレセントリックに射出した映像光でその表示画像をスクリーン上に拡大投影するリアプロジェクション

(4)

5

用の投射光学系であって、拡大共役側から順に、非球面を有しかつ負のパワーを有する前群と、反射面で光路を折り曲げる光路折り曲げ手段と、非球面を有しかつ正のパワーを有する後群と、を備え、前記前群を構成している最も拡大共役側の第1レンズとそれに続く第2レンズとが共に負のパワーを有し、前記後群の光軸上にライトバルブ中心が位置せず、ライトバルブとの間に照明光と投影光との分離又は光路の合成を行う投影光準備手段が配置され、更に以下の条件式(1)、(2)及び(5)を満たすことを特徴とする。

$$48 < \omega < 60 \quad \cdots (1)$$

$$3 < D1/f < 7 \quad \cdots (2)$$

$$-0.5 < -ffa/fra < 0.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

ω : 最大画角(°)、

D1 : 折り返し空気長(前群の最も縮小共役側の面から後群の最も拡大共役側の面までの空気換算光路長)、

f : 全系の焦点距離、

ffa : 前群の非球面を有するレンズの焦点距離、

fra : 後群の非球面を有するレンズの焦点距離、

である。

【0009】第4の発明の投射光学系は、上記第1～第3のいずれか一つの発明の構成において、さらに前記投影光準備手段とライトバルブとの間にコンデンサーレンズを有することを特徴とする。

【0010】第5の発明の投射光学系は、上記第1～第4のいずれか一つの発明の構成において、前記後群に有する非球面が、前記後群の最も縮小共役側のレンズ以外のレンズに設けられていることを特徴とする。

【0011】第6の発明の投射光学系は、上記第1～第5のいずれか一つの発明の構成において、前記第1レンズ及び第2レンズが共に負のパワーを有するメニスカスレンズであることを特徴とする。

【0012】第7の発明の投射光学系は、上記第1～第6のいずれか一つの発明の構成において、前記非球面を有するレンズがプラスチックレンズであることを特徴とする。

【0013】第8の発明の投射光学系は、上記第1～第7のいずれか一つの発明の構成において、前記前群の光軸が前記後群の光軸に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に平行偏芯していることを特徴とする。

【0014】第9の発明の投射光学系は、上記第1～第8のいずれか一つの発明の構成において、前記光路折り曲げ手段がプリズムから成り、その透過面の少なくとも1面が前記後群の光軸に対して傾いていることを特徴とする。

【0015】第10の発明の投射光学系は、上記第1～第9のいずれか一つの発明の構成において、前記前群の光軸が前記後群の光軸に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に傾いていることを特徴とする。

6

【0016】第11の発明の投射光学系は、上記第1～第10のいずれか一つの発明の構成において、異なるスクリーンサイズのリアプロジェクション装置に搭載可能で、スクリーンサイズの切り替えに対応するように構成された投射光学ユニットであって、スクリーンサイズの切り替えに際し、前記後群内の絞り近辺で光軸に沿って移動することによりフォーカシングを行う正パワーの第1フォーカス群と、光軸に沿って移動することにより微小なフォーカスずれを補正する正パワーの第2フォーカス群と、を前記後群が有することを特徴とする。

【0017】第12の発明の投射光学系は、上記第11の発明の構成において、スクリーンサイズの切り替えに際し、前記第1フォーカス群内の少なくとも1個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも1面有する別のレンズと置き換えられることを特徴とする。

【0018】第13の発明の投射光学系は、上記第11又は第12の発明の構成において、スクリーンサイズの切り替えに際し、前記前群内の少なくとも1個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも1面有する別のレンズと置き換えられることを特徴とする。

【0019】第14の発明の投射光学系は、上記第1～第13のいずれか一つの発明の構成において、前記前群の光軸上に中心を持つ球に沿って前記前群が回転可能に構成されていることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したリアプロジェクション用の投射光学系を、図面を参照しつつ説明する。図1～図3、図7、図8、図10、図11に、第1～第7の実施の形態の光学構成及び投影光路をそれぞれ示す。また図5及び図6に、第3の実施の形態を適用したリアプロジェクション装置全体の光学構成及び投影光路を示す。ただし、図5に示すリアプロジェクション装置はスクリーン(SC)のサイズが40型であり、図6に示すリアプロジェクション装置はスクリーン(SC)のサイズが50型になっている。なお、リアプロジェクション装置の全体構成は他の実施の形態も第3の実施の形態とほぼ同様であり、図5及び図6に示すように投射光学系とスクリーン(SC)との間でミラー(MR)により投影光路を折り曲げる構成になっている。

【0021】各実施の形態の投射光学系は、ライトバルブ(PA)から略テレスントリックに射出した映像光で、ライトバルブ(PA)の表示画像をスクリーン(SC)上に拡大投影する構成になっている。そして、拡大共役側から順に、非球面を有しかつ負のパワーを有する前群(GrF)と、反射面で光路を折り曲げる光路折り曲げ手段としてのプリズム(PR)と、非球面を有しかつ正のパワーを有する後群(GrR)と、を備えている。投射光学系とライトバルブ(PA)との間には、照明光と投影光との分離を行う光路分離素子、又は光路の合成を行う光路合成素子が、投影光準備手段(PT)として配置されている。光路分離素子

7

としては、例えば、PBS (Polarizing BeamSplitter) プリズム、PBSシート(例えば住友スリーエム(株)製のDBEF(商品名))等の偏光分離素子が用いられ、光路合成素子としては、例えば、クロスダイクロックプリズム、ダイクロックミラー等の、異なる色光の合成を行う色合成素子が用いられる。またライトバルブ(PA)としては、DMD(Digital Micromirror Device)、反射型液晶パネル、透過型液晶パネル等の表示素子が用いられる。

【0022】なお各実施の形態では、PBSプリズム、PBSシート、クロスダイクロックプリズムのいずれかが投影光準備手段(PT)として配置されている。図21に、投影光準備手段(PT)の具体例を示す。図21(A)は、PBSプリズム(PT1)を示している。PBSプリズム(PT1)は入射してきた照明光(LI)をライトバルブ(PA)に向けて反射し、ライトバルブ(PA)からの反射光を透過させて投影光として後群(GrR)に入射させる。図21(B)は、PBSシート(PT2)を示している。PBSシート(PT2)は入射してきた照明光(LI)をライトバルブ(PA)に向けて反射し、ライトバルブ(PA)からの反射光を透過させて投影光として後群(GrR)に入射させる。図21(C)は、クロスダイクロックプリズム(PT3)を示している。クロスダイクロックプリズム(PT3)は、3つのライトバルブ(PA)からの異なる色光(例えばRGB)を色合成し、投影光として後群(GrR)に入射させる。

【0023】各実施の形態が適用されるリアプロジェクション装置では、ライトバルブ(PA)から射出する主光線がテレセントリックでないと、PBSプリズム(PT1)やPBSシート(PT2)を用いたときにコントラスト低下が増大し、クロスダイクロックプリズム(PT3)を用いたときに色むらや明るさむらが増大する。このため、投射光学系は縮小共役側にテレセントリックであることが望ましい。また、リアプロジェクションTVの画質を考慮すると、テレセントリック角 θ_1 :ライトバルブ(PA)の各画素から射出する主光線がライトバルブ(PA)の面法線となす角度が約 2° 以下であることが更に望ましい。

【0024】また、広画面な投射光学系にPBSプリズム(PT1)、PBSシート(PT2)、クロスダイクロックプリズム(PT3)等を設ける場合、投射光学系はレンズバックが長くとり得るレトロフォーカスタイプであることが望ましい。したがって各実施の形態のように、投射光学系は負パワーの前群(GrF)と正パワーの後群(GrR)とで構成され、絞り(ST)は後群(GrR)内に位置することが好ましい。絞り(ST)を光路折り曲げ手段が配置される空間内(つまり前群(GrF)と後群(GrR)との間の折り返し空気間隔内)に位置させることは物理的に困難である。また、絞り(ST)を前群(GrF)に位置させることは前群(GrF)の全長を伸ばすことにつながり、その結果、リアプロジェクション装置のスクリーン(SC)下の突起が増すことになるため、小型化には向いていない。

(5)

8

【0025】また、PBSプリズム(PT1)、PBSシート(PT2)、クロスダイクロックプリズム(PT3)等を挿入するためのスペースとして、少なくとも画面の短辺断面で光路の干渉が起こらない程度の空間を確保することが必須となる。更には、投射光学系の最後尾の縮小共役側に空気長(D2:後群(GrR)の最も縮小共役側レンズの面からライトバルブ(PA)又はコンデンサーレンズまでの空気換算光路長)を確保して、その値(D2)を投射光学系の全系の焦点距離(f)で割った値が1.6~4となるようにすることが望ましい。D2/fの値がこの条件範囲の下限を下回ると、その空間を屈折率のかなり高い媒質で満たす等の構成をとらない限り、干渉無しで光路を折り返すことができなくなる。また、D2/fの値がこの条件範囲の上限を上回ると、良好な光学性能を確保することができなくなる。

【0026】各実施の形態では、前群(GrF)を構成している最も拡大共役側の第1レンズ(G1)と、それに続く第2レンズ(G2)とが、共に負のパワーを有している。前群(GrF)の第1レンズ(G1)及び第2レンズ(G2)が負レンズであると、それらのレンズ体積と径を低減させることができる。したがって、負パワーの第1、第2レンズ(G1, G2)を用いることは、投射光学系の軽量化やコスト低減に適している。さらに、第1、第2レンズ(G1, G2)の少なくとも片方のレンズが拡大側に凸面を向けたメニスカス形状であれば、各屈折面で光線をなだらかに屈折させることが可能となり、そのレンズの誤差感度低減に役立つ。この理由から、第1レンズ(G1)及び第2レンズ(G2)は拡大側に凸面を向けたメニスカス形状を有することがより望ましい。

【0027】前群(GrF)に非球面を用いることにより、歪曲補正を効率良く行うことが可能となる。したがって、前群(GrF)に非球面を用いることはレンズ枚数の低減に有効である。さらには、前群(GrF)に両面非球面レンズを有することが望ましい。各実施の形態のように広画面な投射光学系においては歪曲補正が困難であるため、より歪曲補正能力を向上させる上で両面非球面レンズは効果的である。両面非球面レンズが単体であれば、プラスチックの射出成型等で容易に成形できるため更に好ましい。また、前群(GrF)のレンズ径は比較的大きいため、ガラス材料に比べて一般的に安値のプラスチック材料でレンズを作るとはコストの低減に役立つ。このことから、非球面レンズは最も拡大共役側に位置することが望ましい。しかし、プラスチックレンズの径をあまり大きくし過ぎると、成型等の工程が困難になるため、そのような場合には最も拡大共役側でないことが望ましい。

【0028】また、前群(GrF)のレンズ枚数を減らしつつレンズ径を小さく抑えると、レンズ面の曲率がきつくなる。拡大共役側に凸を向けたメニスカスレンズの場合には、拡大共役側で曲率がゆるくなり縮小側で曲率がき

9

つくなる。このような曲率を有するレンズの両面においては、レンズ周辺で光線と面との交わる角度が大きくなるため、反射防止コート等の効き目が薄くなり、レンズ面間ゴースト、色むら、明るさむら等が生じる。その中でも、特に縮小共役側に凹を向ける曲率のきつい面は、蒸着等によるコート厚を均一にすることが困難であるため、コートの効き目が更に落ちる。

【0029】これを考慮すると、前群(GrF)に位置する縮小共役側に凹を向けた屈折面において、その最大有効径の位置で面の接線と前群(GrF)の光軸とが成す角度($\theta 2$)は 37° 以上であることが望ましい。当然のことながら $\theta 2=37^\circ$ 近辺の面が複数存在すると、その影響は顕著なものとなるため、 $\theta 2=37^\circ$ 近辺の面は1面のみとするのが好ましく、他の面の $\theta 2$ は 45° 以上であることが好ましい。また、プラスチックレンズにおいては、コート時にあまり高温にできない等の制限あり、複雑なコートを載せることが困難であるため、 $\theta 2$ は 45° 以上が望ましい。

【0030】後群(GrR)に非球面を用いることにより、像性能に影響する球面収差やコマ収差を効果的に補正することができる。このことから、後群(GrR)に非球面を用いることはレンズ枚数の低減に有効である。また、後群(GrR)に両面非球面レンズを用いることが更に望ましい。両面非球面レンズには、収差補正能力の向上だけでなく、前群(GrF)と同様に単体のプラスチックレンズを射出成型等で容易に成形できる等の長所がある。

【0031】各実施の形態では、後群(GrR)の光軸上にライトバルブ(PA)中心が位置しない構成になっている。ライトバルブ(PA)中心を後群(GrR)の光軸上からずらすことにより、ライトバルブ(PA)の中心から射出する主光線がスクリーン(SC)に斜入射することになる。これにより、リアプロジェクション装置の奥行き方向の厚みを低減することができる。

【0032】また各実施の形態では、後群(GrR)が異常分散材料から成る正パワーのレンズを有している。異常分散性を持つ材料から成るレンズを用いることにより、色収差の2次スペクトルを補正することができる。このため、レンズ枚数を低減することができるとともに、製造工程がより複雑である接合レンズの数を低減することができる。したがって、異常分散材料から成る正レンズを後群(GrR)に用いることは、投射光学系の小型軽量化に向いている。

【0033】各実施の形態では、投射光学系の途中で反射面を用いて光路を折り曲げる光路折り曲げ手段を設けることにより、投射光学系の配置の自由度を高めている。この自由度は、リアプロジェクション装置の奥行きやスクリーン(SC)の下側の突起を低減可能にする。さらに、リアプロジェクション装置の奥行きとスクリーン(SC)下側の突起を最小限に抑えるためには、光路折り曲げ手段により前群(GrF)の光軸を後群(GrR)の光軸に対して

(6)

10

90° 以上折り曲げること($\theta 3$: 折り返し角)が望ましい。逆に、光路折り曲げ手段としてプリズム(PR)を用いる場合、下側の突起を小さく抑える必要がない場合、投射される全光線がプリズム(PR)内で全反射条件を満たす角度で折り曲げられるようにすれば、蒸着等の手間が省けコスト低減が可能となる。例えば第5の実施の形態(図8)では、折り返しプリズム(PR)での全反射条件が成り立っている。つまり、折り返しプリズム(PR)の屈折率 $N_d=1.5168$ の場合、投影光の全ての光線と全反射面の法線とが成す角度を 40.92° 以上(第5の実施の形態では最も小さい角度が 42.44°)にすることにより、全反射条件を満たすことができる。

【0034】また各実施の形態のように、アルミや銀蒸着等が反射面に施されたプリズム(PR)を光路折り曲げ手段として使用する等して、屈折率が1以上の媒質の中に反射面を挿入することが望ましい。これは後述する折り返し空気長(D1)を光学的に短くすることに値し、投射光学系の構成条件をゆるめることになる。このため、光学性能をより高めることができる。

【0035】また、光路折り曲げ手段により高角度に光路を折り曲げると、前群(GrF)と後群(GrR)等で物理的干渉を起こしやすくなる。この干渉を少なくするために、光路折り曲げ断面に垂直な方向に干渉し易いレンズの光路が通過しない部分を切断した非円形状を用いることが望ましい。例えば第6の実施の形態(図10)では、前群(GrF)と後群(GrR)との干渉を避けるため、後群(GrR)に対する前群(GrF)の干渉部分をDカットして、非円形状のレンズで前群(GrF)を構成している。

【0036】後群(GrR)と照明系(不図示)との干渉を防ぐために非円形状のレンズを用いると、投射光学系のレンズバックを短くすることができ、また、前群(GrF)とスクリーン(SC)等との干渉を防ぐために非円形状のレンズを用いると、リアプロジェクション装置の奥行き方向の厚みを低減できる。例えば第3の実施の形態(図5)では、前群(GrF)とスクリーン(SC)との干渉を避けるため、スクリーン(SC)に対する前群(GrF)の干渉部分をDカットしてあり、後群(GrR)の最終レンズと照明系のコンデンサレンズ(不図示)との干渉を避けるため、照明系のコンデンサレンズに対する後群(GrR)の最終レンズの干渉部分をDカットしてある。また、非円形状レンズを用いると余分な材料を使用せずにすむため、環境にも良くコスト削減にもなる。この理由から、物理干渉に影響が無くても、投射光学系内で比較的大口径となる第1レンズ(G1)や第2レンズ(G2)を非円形状にすることが望ましい。

【0037】投射光学系の画角に関しては、以下の条件式(1)を満たすことが望ましい。

$$48 < \omega < 60 \quad \cdots (1)$$

ただし、

ω : 最大画角($^\circ$)、

(7)

11

である。

【0038】条件式(1)は投射光学系の最大画角を規定している。条件式(1)の下限を下回ると、投射距離が伸び過ぎてしまい、リアプロジェクション装置の奥行きが増すことになる。このため、投射光学系は小型化に向かなくなる。条件式(1)の上限を上回ると、前群(GrF)の有効径を広げるか、前群(GrF)の光学面の周辺での角度(面頂点の法線方向と周辺での面の接線とが成す角度)を小さくするか、のどちらかをしないと性能を維持することができなくなる。有効径を広げると、材料費が上がり製造も困難になる。また、前群(GrF)の光学面の周辺角度を小さくすると、上で述べたような障害が生まれる。更にそれらの面の屈折力が上がるため誤差感度が上がり過ぎてしまい、メカ構成や調整手順が困難なものとなる。その結果、レンズ枚数を増やさなくてはならなくなるため、小型・軽量化や低コスト化に向かなくなる。

【0039】前群(GrF)と後群(GrR)との間の折り返し空気間隔に関しては、以下の条件式(2)を満たすことが望ましい。

$$3 < D1/f < 7 \quad \dots(2)$$

ただし、

D1：折り返し空気長(前群(GrF)の最も縮小共役側の面から後群(GrR)の最も拡大共役側の面までの空気換算光路長)、

f：全系の焦点距離、

である。

【0040】条件式(2)は折り返し空気長を規定している。条件式(2)の下限を下回ると、Fナンバーを小さく保ちつつ光路を折り返すことが困難になり、配置の自由度が低減する。また、リアプロジェクション装置のスクリーン(SC)下側の突起を大きくすることになる。条件式(2)の上限を上回ると、折り返し空気長を長く取りすぎることになり、上で述べた条件式(1)の上限を超えたときの対処法をとる必要性が生まれる。このため、小型・軽量化と低コスト化に向かなくなる。

【0041】後群(GrR)に用いられている異常分散材料から成る正レンズに関しては、以下の条件式(3)及び(4)を満たすことが望ましい。

$$Vd > 75 \quad \dots(3)$$

$$0.52 < (Ng - Nf) / (Nf - Nc) < 0.56 \quad \dots(4)$$

ただし、

Vd：異常分散材料のアップベ数(v_d)、

Ng：異常分散材料のg線に対する屈折率、

Nf：異常分散材料のf線に対する屈折率、

Nc：異常分散材料のc線に対する屈折率、

である。

【0042】条件式(3)と(4)は異常分散材料の定義に関する条件を規定している。(Ng-Nf)/(Nf-Nc)とVdをそれぞれ縦軸と横軸にとったガラスマップを考える。このとき、条件式(3)の下限と条件式(4)の上限と下限とで形成

12

される3辺の内側に入らないガラスでVdが高すぎるものは存在せず(Vdが90以上等)、Vdが高すぎず3辺の外側に位置するガラスは2次スペクトル補正能力が低く、レンズ枚数を低減できるほどの効果が十分ではない。このため、条件式(3)及び(4)を満たさないものは、レンズ枚数が少ない投射光学系には向いていない。

【0043】前群(GrF)や後群(GrR)の非球面を有するレンズに関しては、以下の条件式(5)を満たすことが望ましい。

$$-0.5 < -ffa/fra < 0.5 \quad \dots(5)$$

ただし、

ffa：前群(GrF)の非球面を有するレンズの焦点距離、

fra：後群(GrR)の非球面を有するレンズの焦点距離、である。

【0044】条件式(5)は、温度変化によるピントずれを低減するための、前群(GrF)の非球面を有するレンズと後群(GrR)の非球面を有するレンズとの焦点距離の関係を規定している。一般的に、ガラスレンズと肉薄の硬化材料(例えば、紫外線硬化型樹脂、熱硬化型樹脂等)より成る複合型非球面レンズは、プラスチックレンズよりも温度特性に左右されないが、プロジェクター向けの投射光学系はレンズ径が大きいこと、非球面形状の球面形状からの変位(Deviation)が大きいこと、製造コストが高いこと、のうちのいずれかの理由で投射光学系には適していない。

【0045】そのため、プラスチック成形の非球面レンズを用いるのが一般的であるが、プラスチックレンズの形状やその屈折率は温度変化に対して非常に敏感である。プラスチックの温度変化による線膨張係数(α)や温度変化による屈折率変化(Δn/ΔT)は、ガラスレンズに比べて桁違いに大きい。また、線膨張係数(α)と屈折率変化(Δn/ΔT)との符号が異なるため、温度変化による膨張と屈折率変化はピントを同じ方向に移動させる働きをする。各実施の形態のような広画角な光学系においては、仮に同じ材料と同じ焦点距離のプラスチックレンズが前群(GrF)と後群(GrR)にある場合、後群(GrR)のプラスチックレンズがもたらす温度変化によるピントずれは前群(GrF)の10倍ほどになる。そのため、前群(GrF)と後群(GrR)の非球面レンズの焦点距離比を、ある範囲に収めなければならなくなる。条件式(5)はその範囲を規定している。条件式(5)の条件範囲の限度を超えると、温度変化によるピントずれが大きくなりすぎてしまい、温度センサーに連動したフォーカス機構等が無い限り、投射光学系の解像力が不十分となる。

【0046】また、条件式(5)の下限を引き上げた以下の条件式(5a)を満たすことが更に好ましい。

$$-0.3 < -ffa/fra < 0.5 \quad \dots(5a)$$

【0047】条件式(5)の下限を引き上げる理由を説明する。歪曲補正を効果的に行うため、前群(GrF)の非球面レンズは拡大共役側に寄ることが好ましく、負のパワ

13

一を有することが更に好ましい。例えば前群(GrF)の非球面レンズ単体で考えたとき、温度の上昇に従ってピントがQ方向に移動するものとする。後群(GrR)のパワーは全体で正であるため、非球面レンズ以外のガラスレンズで線膨張係数(α)と屈折率変化($\Delta n/\Delta T$)との符号が異なるレンズを多用すると、後群(GrR)の非球面レンズのピント誤差を除いても、温度上昇によりそれらのガラスレンズでピントを-Q方向に作用させることは、その逆よりも容易である。したがって、条件式(5)の下限を引き上げた条件式(5a)を満たすことが好ましいといえる。

【0048】線膨張係数(α)と屈折率変化($\Delta n/\Delta T$)との符号が異なるガラスレンズを多用する必要が無いように、以下の条件式(5b)を満たすことが更に望ましい。
 $-0.1 < -\text{ffa}/\text{fra} < 0.2 \quad \dots (5b)$

【0049】後群(GrR)にプラスチック製の非球面レンズを用いた際、そのレンズの温度変化によるピント誤差は非常に大きいことから、後群(GrR)のプラスチック非球面レンズの焦点距離を全系の焦点距離で割った値が、以下の条件式(5c)及び(5d)を満たすことが望ましい。また、条件式(5)の下限と上限を狭めたことと同じ理由で、以下の条件式(5e)及び(5f)を満たすことが望ましい。後群(GrR)の非球面レンズは、非球面形状の収差補正能力を十分に発揮させつつ焦点距離を長くするために、メニスカスレンズであることが望ましい。

$$\text{fra}/f > 4 \quad \dots (5c)$$

$$\text{fra}/f < -4 \quad \dots (5d)$$

$$\text{fra}/f > 16 \quad \dots (5e)$$

$$\text{fra}/f < -8 \quad \dots (5f)$$

【0050】第6、第7の実施の形態(図10、図11)のように、投影光準備手段(PT)とライトバルブ(PA)との間にコンデンサーレンズ(CL)を有することが望ましい。コンデンサーレンズ(CL)を用いることは、投影光準備手段(PT)を通過する光線のテレセントリック性を崩すことを意味する。投影光準備手段(PT)としてPBSシート(P T2)等を使用した場合、空間のほとんどが媒質で満たされていないため、PBSプリズム(PT1)やクロスダイクロックプリズム(PT3)等を用いた場合よりも、投射光学系のレンズバックを長くとはならない。こうなると、同じ画角で同じFナンバーの光束を投射する以上、投射光学系の性能を維持するのが困難になるとともにレンズ径が大きくなる。このため、高精細化、小型・軽量化、低コスト化には向かなくなる。投影光準備手段(PT)とライトバルブ(PA)との間にコンデンサーレンズ(CL)を挿入することにより(テレセントリック性は崩れるが)、これらの問題を解決することができる。

【0051】各実施の形態のように、後群(GrR)に有する非球面が、後群(GrR)の最も縮小共役側のレンズ以外のレンズに設けられていることが望ましい。つまり、投影光準備手段(PT)よりも拡大共役側に位置する最も縮小

(8)

14

側のレンズ以外のレンズに非球面を設けることが望ましい。これは後群(GrR)の非球面位置に関する条件である。一般的に、小型のライトバルブ(PA)の表示画像を拡大投影するプロジェクターにおいては、照明光源とその発散光を集光するコンデンサーとが必要であるが、光源のアーク長とコンデンサーの径とライトバルブ(PA)の大きさとの関係から、ライトバルブ(PA)の各画素から射出するFナンバーの下限値は決まる。そして、アーク長が存在し、ライトバルブ(PA)の大きさが光源の発散光を集光するコンデンサーよりも小さくなることが一般的である。したがって、照明光を有効に活用するためにFナンバーの小さい投射光学系が要求される。

【0052】また、投射光学系の径が小さければ、材料費や加工費の削減に役立つと共に、投射光学系の途中での折り返しが容易になる。これらを踏まえ、Fナンバーと径の小さい投射光学系を達成するには、投射光学系の最もライトバルブ(PA)に近いレンズに強い正のパワーを持たせて、投射光の発散を根元から抑えることが一番効果的である。しかし非球面レンズにこの役割をさせると、当然のことながら焦点距離が短くなり、上で述べた非球面レンズの温度特性を考慮すると不向きである。よって、後群(GrR)の非球面レンズは最も縮小共役側のレンズでないことが必要である。

【0053】第1レンズ(G1)及び第2レンズ(G2)が共に負のパワーを有するメニスカスレンズであることが望ましい。これは前群(GrF)の第1、第2レンズ(G1, G2)の形状に関する条件である。第1及び第2レンズ(G1, G2)が負パワーで最大画角(ω)が 48° 以上の投射光学系において、レンズ枚数を急激に増やすことなく誤差感度を低く状態維持するには、第1及び第2レンズ(G1, G2)の4面で、1つの面に屈折力を集中させないように、できるだけなだらかに屈折させることが大切になってくる。そうするには、第1及び第2レンズ(G1, G2)がメニスカスレンズであることが望ましく、拡大共役側に凸を向けたメニスカスレンズであることが更に望ましい。

【0054】非球面を有するレンズはプラスチックレンズであることが望ましい。これは非球面レンズの材料に関する条件である。前述したように、ガラスレンズと肉薄の硬化材料(例えば紫外線硬化型樹脂等)より成る複合型非球面レンズは、プラスチックレンズよりも温度特性に関しては顕著でないが、プロジェクター向けの投射光学系はレンズ径が大きいこと、非球面形状の球面からの変位(Deviation)が大きいこと、製造コストが高いこと、のうちのいずれかの理由で投射光学系には適していない。したがって、プラスチック成形の非球面レンズを用いることが望ましい。

【0055】前群(GrF)の光軸が後群(GrR)の光軸に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に平行偏芯していることが望ましい。例えば図9に示す第5の実施の形態のように、前群(GrF)の光軸(AXF)が後群(GrR)の光

15

軸 (AXR) に対してずれており、その光軸ずれに後群 (GrR) に対する前群 (GrF) の平行偏芯が含まれていることが望ましい。第 5 の実施の形態に係る投射光学系は、ライトバルブ (PA) 中心が後群 (GrR) の光軸 (AXR) からずれた光学構成になっている (図 8)。そのずれにより各々の収差を前群 (GrF) と後群 (GrR) でカウンター補正することができるため、前群 (GrF) と後群 (GrR) の光軸 (AXF, AXR) が平行偏芯して配置されていることが望ましい。

【0056】光路折り曲げ手段がプリズム (PR) から成り、その透過面の少なくとも 1 面が後群 (GrR) の光軸 (AXR) に対して傾いていることが望ましい。これは光路折り曲げ手段としてプリズム (PR) を用いたときのプリズム透過面の傾きに関する条件であり、第 5 の実施の形態 (図 8、図 9) はこの条件を満たしている。プリズム (PR) を用いる効果については先に説明した通りであるが、さらにプリズム (PR) の屈折面を傾けることは非点収差を補正する上で有効である。第 5 の実施の形態では、ライトバルブ (PA) 中心が後群 (GrR) 中心からずれているため、投射された像はそのずれによりスクリーン (SC) に対する入射角が大きくなる像高で性能劣化が起こる。また、その反対の影響を受けた像高は性能が良くなる傾向がある。プリズム面を傾けることにより、非点収差に対するこの不均一性を和らげることができ、画面全体でより良好な像を得ることができる。

【0057】前群 (GrF) の光軸 (AXF) が後群 (GrR) の光軸 (AXR) に対して、ストレート系とみなしたときに光学的に傾いていることが望ましい。これは前群 (GrF) の光軸 (AXF) と後群 (GrR) の光軸 (AXR) との傾きに関する条件であり、第 5 の実施の形態 (図 8、図 9) はこの条件を満たしている。第 5 の実施の形態では、ライトバルブ (PA) 中心が後群 (GrR) 中心からずれているため、ライトバルブ (PA) 中心の映像光において最良の像性能を得ると、全体の像面が一方向に傾くことになる。前群 (GrF) の光軸 (AXF) を後群 (GrR) の光軸 (AXR) に対して傾けることによって、この傾きをカウンター補正することができ、良好な性能を達成することができる。

【0058】第 3、第 4 の実施の形態 (図 3、図 7) では、ライトバルブ (PA) とスクリーン (SC) とのスクリーン (SC) 法線方向の位置関係 (画面中心基準) を維持しつつ、スクリーン (SC) サイズの切り替えに対応しうるように投射光学系が構成されており、また、異なるスクリーンサイズのリアプロジェクション TV に搭載しうるようにユニット化されている。例えば第 3 の実施の形態では、40 型のスクリーン (SC) サイズ (図 5) と 50 型のスクリーン (SC) サイズ (図 6) との切り替えが可能になっている。このような複数のスクリーン (SC) サイズの切り替えに際し、後群 (GrR) 内の絞り (ST) 近辺で光軸に沿って移動することによりフォーカシングを行う正パワーの第 1 フォーカス群と、光軸に沿って移動することにより微小なフォーカスずれを補正する正パワーの第 2 フォーカス群

(9)

16

と、を後群 (GrR) が有することが望ましい。第 3、第 4 の実施の形態では、第 1 フォーカス群が第 4 レンズ (G4) と絞り (ST) から成っており、第 2 フォーカス群が第 9 レンズ (G9) から成っている。なお第 2 フォーカス群は、メカ精度や組み立て精度等による誤差から生じる微小なフォーカスずれを補正するためのピント微調整手段である。

【0059】像面湾曲補正が可能な絞り (ST) 近辺に位置する正パワーの群を第 1 フォーカス群としてフォーカスに使用することにより、フォーカスを行うと共にその際に発生する像面湾曲の補正を同時に行うことができる。レンズ枚数が少ない系における後群 (GrR) で負のパワーを有する群は、色収差に対する感度が高いためフォーカス群としては不向きである。同じ理由で、微調フォーカスを行う第 2 フォーカス群も正のパワーを有する群である必要がある。また、前群 (GrF) は光軸の傾きによる投影位置変動や像面の傾きに対する感度が高く、前群 (GrF) の単レンズはそれに加えて歪曲収差にも悪影響を及ぼすためフォーカス群には向いていない。また、第 2 フォーカス群は移動に伴う像面湾曲の変動が少ないことが必須であるため、絞り (ST) から離れた群であることが望ましい。

【0060】さらにこのような系では、光路折り曲げ手段と絞り (ST) との間の空間よりも、絞り (ST) と投影光準備手段 (PT) との間の距離の方が長くなるため、第 2 フォーカス群は絞り (ST) よりも縮小共役側に位置することが望ましい。更には、投射光学系の最も縮小共役側のレンズが正のパワーを有する単レンズ (接合等されていない) であり、第 2 フォーカス群がそのレンズ 1 枚であれば、フォーカス時の像面湾曲変動量が最小となるため望ましい。また、第 2 フォーカス群が単レンズであれば、フォーカスのメカ構成がより簡単になるという効果もある。

【0061】スクリーン (SC) サイズの切り替えに際し、第 1 フォーカス群内の少なくとも 1 個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも 1 面有する別のレンズと置き換えられることが望ましい。第 4 の実施の形態 (図 7) では、第 4 レンズ (G4) が交換されることによりスクリーン (SC) サイズの切り替えに対応している。このようなスクリーン (SC) サイズの切り替え時におけるフォーカス群の非共通化による効果を説明する。像面湾曲補正に効果がある群であることは、その群の移動に対する像面湾曲の変動量が大きいということであり、その群の移動によるフォーカス量と像面湾曲補正量とのバランスが崩れているとき、同群内の少なくとも 1 面の曲率を変えることでフォーカス量と像面湾曲補正量とのバランスをとることができる。更には、単レンズでフォーカスし、そのレンズを完全に非共通にすることにより、メカ構成を単純化しつつフォーカス調整量と像面湾曲補正量のバランスを更に良くすることができる。

【0062】スクリーン (SC) サイズの切り替えに際し、

(10)

17

前群(GrF)内の少なくとも1個のレンズが、そのレンズとは曲率の異なる面を少なくとも1面有する別のレンズと置き換えられることが望ましい。第4の実施の形態(図7)では、第3レンズ(G3)が交換されることによりスクリーン(SC)サイズの切り替えに対応している。このようなフォーカス時における前群(GrF)の面の非共通化による効果を説明する。前群(GrF)の屈折面は絞り(ST)から遠く、各像高の光束が分離するため、ピントずれに対する感度に対し歪曲補正効果が高い。このため第1フォーカス群の移動やレンズ交換ではできない歪曲補正を行うことができるため、第1フォーカス群の移動やレンズ交換によるフォーカスに、この歪曲補正を加えると更に光学性能を上げることができる。

【0063】前群(GrF)の光軸上に中心を持つ球に沿って前群(GrF)が回転可能に構成されていることが望ましい。例えば図4に示す第3の実施の形態のように、前群(GrF)の光軸上に中心(CP)を持つ球に沿って前群(GrF)が回転可能に構成されていれば、像面の傾き補正を行うことができる。プリズム(PR)等の光路折り曲げ手段を有する以上、前群(GrF)と後群(GrR)のレンズ鏡胴を同時加工することは困難であり、特に前群(GrF)と後群(GrR)の光軸の傾きを十分に吸収するメカ精度を達成することは困難である。この傾きの発生により像面が傾いてしまうため、他の収差発生を極力抑えつつ像面の傾きを補正するには、前群(GrF)の光軸上に中心(CP)を持った球に沿って前群(GrF)全体を回転させることが最適である。

【0064】さらには、前群(GrF)の回転中心(CP)をその後方主点位置近辺に置くことが望ましく、それによって投影位置を動かさずに像面の傾きを補正することができる。また、後群(GrR)に対する光路折り曲げ手段の傾

$$X(H) = (C0 \cdot H^2) / \{1 + \sqrt{1 - \epsilon \cdot C0^2 \cdot H^2}\} + (A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10} + A12 \cdot H^{12}) \quad (AS)$$

12) ... (AS)

ただし、式(AS)中、

X(H)：高さHの位置での光軸方向の変位量(面頂点基準)、

H：光軸に対して垂直な方向の高さ、

C0：近軸曲率(=1/CR)、

ϵ ：2次曲面パラメータ、

Ai：i次の非球面係数(i=4, 6, 8, 10, 12)、である。

【0068】表10に、実施例5の座標データを示す。実施例5のコンストラクションデータにおいて、共軸系内の面の配置は拡大共役側直前の面との軸上面間隔(T)で特定され、互いに偏芯した共軸系の最も拡大共役側の面(S1, S7, S8, S9)は座標データで特定される。座標データで特定される面(S1, S7, S8, S9)の配置は、その面の位置と傾きとで特定される。各面(S1, S7, S8, S9)の位置は、第1面(S1)の面頂点を原点(0, 0, 0)とし、かつ、その面頂点での法線方向をx軸方向(縮小共役側が正)とするグローバルな直交座標系(x, y, z)において、各面(S1, S

18

*きや位置ずれにおいても、同じ理由から十分な精度を出すことは困難である。この誤差から投影位置ずれが発生するが、前群(GrF)の回転中心(CP)を意図的に後方主点位置からずれた前群(GrF)の光軸上に置くことにより、投影位置ずれも補正することができる。よって、後群(GrR)に対する光路折り曲げ手段の位置精度が十分でない場合には、そのような位置に前群(GrF)の回転中心(CP)を置くことが望ましい。

【0065】

【実施例】以下、本発明を実施したリアプロジェクション用の投射光学系を、コンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例1～7は、前述した第1～第7の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図1～図3、図7、図8、図10及び図11は、対応する各実施例の光路等をそれぞれ示している。

【0066】表1、表3、表5、表7、表9、表12及び表14に、実施例1～7のコンストラクションデータを示す。ただし、実施例3と実施例4(表5、表7)は、スクリーン(SC)サイズの切り替えに対応した構成になっているため、2ポジション(50型、40型)のデータを挙げている。各実施例のコンストラクションデータにおいて、Si(i=1, 2, 3, ...)は拡大共役側から数えてi番目の面、CRは面Siの曲率半径(mm)、Tは軸上面間隔(mm)を示しており、Nd、 ν_d は光学要素のd線に対する屈折率、アッペ数をそれぞれ示している。また、*が付された面Siは以下の式(AS)で定義される面形状の非球面であり、表2、表4、表6、表8、表11、表13及び表15に、実施例1～7の非球面データ(E-n= $\times 10^{-n}$)を示す。

【0067】

7, S8, S9)の面頂点座標(x, y, z)で表される。第1面(S1)においては、面頂点での接平面がy-z平面(z軸方向が各光学断面図の紙面に対して垂直方向)に一致し、面頂点を通る前群(GrF)の光軸(AXF、図9)がx軸と一致する。しかし、光路がプリズム(PR)で折り曲げられるため、各面を通る光軸(AXF)とx軸とは一致しない。そこで、各面(S1, S7, S8, S9)の面頂点における法線と光軸(AXF)とが、z軸を中心とした回転により成す回転角度(時計回りが正)で、各面(S1, S7, S8, S9)の傾きを表している。

【0069】表16と表17に、条件式の対応データ及び関連データ(FN0：Fナンバー)並びに角度データ(°)を示す。なお、実施例6、7の全系の焦点距離(f)は、ライトバルブ(PA)近傍に位置するコンデンサーレンズ(CL)をも含んだ値である。また、条件式(4)における(Ng-Nf)/(Nf-Nc)の値は、アッペ数(ν_d)が75以上の異常分散材料の値である。

【0070】図12～図20は各実施例の収差図であり、実施例3、4については各スクリーンサイズ(50型、

(11)

19

40型)に対応した光学構成での収差(図14～図17)を示している。各図中、(A)は球面収差(spherical aberration, mm; 縦軸: FNO)、(B)は非点収差(astigmatic aberration, mm; 縦軸: ω°)、(C)は歪曲収差(distortion, %; 横軸: ω°)、(D)は倍率色収差(lateral chromatic aberration, mm; 横軸: ω°)を示しており、太い実線と細い実線は波長546nmの光線に対する*

20

＊る収差、長い破線は波長450nmの光線に対する収差、短い破線は605nmの光線に対する収差をそれぞれ表している。また各図(B)において、DMはメリディオナル面での非点収差、DSはサジタル面での非点収差を示している。

【0071】

【表1】

実施例1のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	ν_d	光学要素等
S1*	141.48834	8.0006	1.49140	57.82	G1
S2*	29.96838	19.7061			前群(GrF)
S3	181.19465	3.0000	1.74250	52.47	
S4	25.98577	15.9615			プリズム(PR)
S5	∞	58.3635	1.51680	64.20	
S6	∞	1.9959			絞り(ST)
S7	52.71648	9.5940	1.51680	64.20	
S8	-154.22228	5.2871			後群(GrR)
S9	∞	18.0934			
S10*	-73.61986	2.7387	1.49140	57.82	Vd
S11*	-99.55909	2.3085			
S12	77.27975	9.2580	1.49310	83.58	$\lambda/4$ 板(P1)
S13	-30.57623	0.2000			
S14	-43.15452	3.8736	1.75000	25.14	プリズム(PT)
S15	33.96243	0.0301	1.51400	42.83	
S16	33.98243	18.3623	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)
S17	-54.57192	0.2000			
S18	84.69408	7.4923	1.66998	39.23	
S19	-84.70589	1.6000			
S20	∞	0.3000	1.51680	64.20	
S21	∞	29.3300	1.66998	63.18	
S22	∞	5.0000			
S23	∞	2.6000	1.51680	64.20	
S24	∞				

【0072】

※30※【表2】

実施例1の非球面データ				
面	ϵ		A8	
S1	ϵ	-8.76522	A8	6.88842E-14
	A4	3.86082E-06	A10	9.63688E-17
	A6	-9.35113E-10	A12	-1.62059E-20
S2	ϵ	-1.03211	A8	-3.42268E-12
	A4	8.11718E-06	A10	1.90515E-13
	A6	3.02295E-09	A12	-7.92054E-17
S10	ϵ	6.48721	A8	-1.90724E-10
	A4	5.32928E-06	A10	1.90515E-13
	A6	4.15957E-09	A12	-7.92054E-17
S11	ϵ	5.68815	A8	-1.46871E-10
	A4	0.000016628	A10	1.30268E-13
	A6	8.88780E-09	A12	1.56883E-16

【0073】

【表3】

(12)

21

22

実施例2のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	vd	光学要素等
S1	78.48363	5.0000	1.71300	58.93	G1
S2	45.53334	16.0455			前群(GrP)
S3	85.58743	4.2000	1.71300	53.93	
S4	34.82236	12.4373			G2
S5*	∞	5.0000	1.49300	58.34	
S6*	43.44115	21.7818			
S7	∞	70.0000	1.51880	64.20	プリズム(PR)
S8	∞	2.8585			
S9	-283.50494	10.0000	1.74400	44.93	
S10	-84.41499	0.1000			
S11	43.87893	4.8899	1.74400	44.93	
S12	106.34112	20.1236			絞り(ST)
S13	∞	10.3002			
S14	-25.19628	5.0000	1.49300	58.34	後群(GrR)
S15*	-28.55819	0.1000			
S16	-140.89722	8.8927	1.49310	83.58	Vd
S17	-24.11536	0.1000			
S18	-58.50237	7.3511	1.48749	70.44	
S19	-21.95444	3.0000	1.80518	25.43	
S20	96.28707	1.1447			
S21	103.83720	10.0000	1.49310	83.58	Vd
S22	-35.87460	0.1000			
S23	198.39144	8.8617	1.80518	25.43	
S24	-67.14422	2.5200			
S25	∞	30.0000	1.62041	60.29	プリズム(PT)
S26	∞				

【0074】

* * 【表4】

実施例2の非球面データ				
面	ε			
S5	ε	1.00000	A8	3.33793E-11
	A4	2.28136E-05	A10	-2.12345E-14
	A6	-3.29055E-08	A12	6.13134E-18
S6	ε	1.00000	A8	1.46371E-11
	A4	1.86529E-05	A10	-1.47111E-14
	A6	-3.22858E-08	A12	---
S15	ε	1.00000	A8	-4.44824E-12
	A4	1.72213E-05	A10	-1.47111E-14
	A6	1.65336E-08	A12	---

【0075】

【表5】

(13)

23

24

実施例3のコンストラクションデータ						
面	CR	T(50型)	T(40型)	Nd	νd	光学要素等
S1*	235.02315					
S2*	44.22783	5.2644	"	1.49140	57.82	G1
S3	56.04690	10.2816	"			前群 (GrF)
S4	32.14804	3.0000	"	1.71700	47.86	
S5	227.07816	13.0368	"			
S6	28.47818	2.4600	"	1.60729	59.48	
S7	∞	12.5773	"			
S8	∞	55.0000	"	1.51680	64.20	フリスA(PR)
S9	57.85397	2.0000	2.2696			
S10	-195.48217	12.0000	"	1.74000	28.26	G4
S11	∞	2.6193	"			絞り (ST)
S12*	-90.74771	21.2399	20.9703			
S13*	-93.29430	2.5031	"	1.49140	57.82	後群 (GrF)
S14	72.33849	1.0300	"			
S15	-28.32637	11.2064	"	1.49310	83.58	Vd
S16	-46.04868	0.2000	"			
S17	35.04837	2.8000	"	1.80518	25.43	
S18	35.04837	0.0301	"	1.51400	42.83	
S19	-49.49406	13.9716	"	1.51680	64.20	
S20	102.67120	6.1349	"			
S21	-102.68094	5.9907	"	1.74000	31.72	G8
S22	∞	3.5000	"			
S23	∞	0.3000	"	1.51680	64.20	$\lambda/4$ 板(P1)
S24	∞	29.5000	"	1.67790	53.38	フリスA(PT)
S25	∞	2.8000	"	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)

【0076】

* * 【表6】

実施例3の非球面データ				
面				
S1	ε	1.46380	A8	2.59057E-13
	A4	4.79852E-08	A10	1.03650E-16
	A6	-1.81462E-09	A12	-3.76804E-20
S2	ε	-4.97137	A8	-3.88301E-12
	A4	9.50835E-08	A10	2.07344E-15
	A6	-1.31973E-09	A12	-3.77595E-19
S12	ε	22.35470	A8	-9.65357E-11
	A4	4.81036E-06	A10	1.57010E-13
	A6	-2.79251E-08	A12	---
S13	ε	2.64561	A8	-1.05918E-10
	A4	1.37014E-05	A10	2.54580E-13
	A6	-1.54358E-08	A12	---

【0077】

【表7】

(14)

25

26

実施例4のコンストラクションデータ								
面	CR(50型)	CR(40型)	T(50型)	T(40型)	Nd	νd	光学要素等	
S1*	252.90973	"	5.0000	"	1.49140	57.82	G1	
S2*	48.74273	"	9.1984	"			前群(GrF)	
S3	87.97958	"	3.0000	"	1.71800	53.94		G2
S4	34.16187	"	12.2918	"				
S5	124.40039	"	2.4600	"	1.61800	63.39	G3	
S6	31.48367	31.94194	13.3662	"				
S7	∞	"	55.0000	"	1.51680	64.20	7°92'A(PR)	
S8	∞	"	2.0000	2.3771				
S9	85.90401	82.91530	11.0809	"	1.80518	25.43	G4	
S10	-384.95958	-445.58341	8.1895	"			絞り(ST)	
S11	∞	"	22.0944	21.6574				
S12*	-65.69581	"	4.2809	"	1.49140	57.82		後群(GrR)
S13*	-88.01870	"	0.5298	"				
S14	101.03827	"	14.0718	"	1.49310	83.58	Yd	
S15	-25.51650	"	0.2000	"				
S16	-41.58630	"	2.5000	"	1.80610	33.27		
S17	40.11972	"	0.0301	"	1.51400	42.83		
S18	40.11972	"	12.8550	"	1.62041	60.29		
S19	-57.10394	"	0.5000	"				
S20	124.82930	"	7.0580	"	1.58913	61.11	G9	
S21	-73.93155	"	11.6000	"				
S22	∞	"	0.3000	"	1.51680	64.20	$\lambda/4$ 板(P1)	
S23	∞	"	30.0000	"	1.60942	63.20	7°92'A(PT)	
S24	∞	"	2.6000	"	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)	
S25	∞	"						

【0078】

* * 【表8】

実施例4の非球面データ				
面				
S1	ε	15.03270	A8	2.72000E-14
	A4	0.00000461	A10	1.75000E-16
	A6	-1.42000E-08	A12	-4.90000E-20
S2	ε	-3.89066	A8	-4.29000E-12
	A4	0.0000071	A10	-1.12000E-13
	A6	1.47000E-09	A12	---
S12	ε	4.29686	A8	-1.02000E-10
	A4	0.00000622	A10	-1.12000E-13
	A6	-2.0200E-08	A12	---
S13	ε	5.05452	A8	-1.39000E-10
	A4	0.0000182	A10	2.43000E-13
	A6	1.19000E-08	A12	---

【0079】

【表9】

(15)

27

28

実施例5のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1*	34.78310	6.2694	1.49140	57.82	G1 前群 (GrF) G2
S2*	18.19380	20.7075			
S3	118.78200	3.0000	1.71300	53.93	
S4	28.80180	7.3959			
S5	42.78770	2.4884	1.74400	44.93	
S6	29.50060	-----			
S7	∞	-----	1.51680	64.20	F*リズ* A (PR)
S8	∞	-----			
S9	52.65790	9.9184	1.71738	29.50	
S10	-135.28900	1.4014			
S11	∞	16.4596			
S12*	-38.12400	4.8848	1.49140	57.82	絞り (ST) 後群 (GrR) Vd
S13*	-62.86300	0.4090			
S14	152.99400	9.5787	1.49310	83.58	
S15	-25.29400	0.4000			
S16	-43.80760	2.0000	1.71738	29.50	
S17	31.92600	0.0300	1.51400	42.83	
S18	31.92600	6.7062	1.48749	70.44	Vd
S19	173.84400	0.4000			
S20	73.72350	12.7372	1.49310	83.58	
S21	-35.78080	0.4000			
S22	165.76600	8.0490	1.48749	70.44	
S23	-60.77980	1.6000			
S24	∞	30.0000	1.60713	63.20	F*リズ* A (PT)
S25	∞				

【0080】

【表10】

実施例5の座標データ				
面	x	y	z	回転角 (°)
S1	0	0	0	0
S7	50.7541	0	0	1.7428
S8	99.5945	0	0	-0.3952
S9	101.6357	0.2256	0	2.0778

【0081】

【表11】

実施例5の非球面データ				
面	ϵ			
S1	A4	-6.80813	A8	-2.38268E-13
	A4	8.42894E-07	A10	-2.60704E-17
	A6	1.04468E-09	A12	3.55340E-20
S2	ϵ	-1.34958	A8	3.59810E-12
	A4	7.78202E-06	A10	7.65695E-16
	A6	-4.44667E-09	A12	-1.67847E-18
S12	ϵ	1.24024	A8	-4.75870E-10
	A4	0.000030185	A10	5.70560E-13
	A6	-3.28734E-08	A12	1.65635E-15
S13	ϵ	-0.770318	A8	-5.25688E-10
	A4	4.64884E-05	A10	1.15153E-12
	A6	1.13929E-08	A12	-5.10772E-16

【0082】

50 【表12】

(16)

29

30

実施例8のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	νd	光学要素等
S1*	226.43953	4.5934	1.52200	52.20	G1
S2*	47.14913	8.9870			前群(GrF)
S3	77.49715	3.0000	1.74350	49.24	
S4	34.93511	15.2138			G2
S5	-578.25105	2.4845	1.57250	57.54	
S6	32.18798	13.6855			
S7	∞	47.3021	1.51680	64.20	7°ワナ(PR)
S8	∞	1.9875			
S9	53.87744	7.0676	1.74000	31.72	
S10	-300.00813	20.5582			絞り(ST)
S11	∞	2.8726			
S12*	-22.86730	7.7883	1.52200	52.20	後群(GrR)
S13*	-25.80086	4.30704			
S14	87.78013	10.0695	1.49310	83.58	Vd
S15	-24.56867	0.2000			
S16	-64.35401	3.0000	1.75680	31.79	
S17	29.33747	0.0301	1.51400	42.83	
S18	29.33747	8.9538	1.48749	70.44	
S19	539.91599	3.5000			
S20	391.75435	5.1013	1.62337	57.03	
S21	-47.92392	5.0000			
S22	∞	1.3000	1.51680	64.20	偏光板(P0)
S23	∞	28.7000			
S24	59.15935	4.6800	1.60944	63.18	コンデンサ(CL)
S25	∞	4.3300			
S26	∞	1.2000	1.51680	64.20	$\lambda/2$ 板(P2)
S27	∞				

【0083】

* * 【表13】

実施例8の非球面データ				
面	ε			
S1	ε	-7.12318	A8	3.01414E-13
	A4	4.68114E-06	A10	5.18964E-17
	A6	-1.53772E-09	A12	-3.40095E-20
S2	ε	-3.48402	A8	-1.61880E-12
	A4	6.18262E-06	A10	-8.33520E-16
	A6	1.18789E-10	A12	4.54960E-19
S12	ε	0.39625	A8	9.47898E-11
	A4	2.34424E-06	A10	-1.23149E-12
	A6	9.33724E-08	A12	3.87810E-15
S13	ε	0.21115	A8	2.62754E-10
	A4	1.99132E-05	A10	-5.98680E-13
	A6	8.49040E-08	A12	1.19404E-15

【0084】

【表14】

(17)

31

32

実施例7のコンストラクションデータ					
面	CR	T	Nd	vd	光学要素等
S1	65.07726	5.0000	1.75450	51.57	G1 前群(GrP) G2
S2	40.82888				
S3	67.43961	11.0719	1.75450	51.57	
S4	31.99144	5.0000			
S5*	149.13687	11.3907			7°VIA(PR)
S6*	29.08620	5.0000	1.49300	58.34	
S7	∞	11.0000			
S8	∞	60.0000	1.51680	64.20	
S9	-353.78193	6.0000			後群(GrR)
S10	51.36534	8.8647	1.85	40.04	
S11	119.32491	1.9992			
S12	-76.29051	4.6297	1.54072	47.20	
S13	36.70448	0.1000			絞り(ST)
S14	-1019.09789	9.9331	1.80518	25.43	
S15	∞	17.9592			
S16	-33.93368	1.6196			
S17	30.40619	3.0000	1.80518	25.43	Vd
S18	30.40619	0.0300	1.51400	42.83	
S19	165.81411	3.0000	1.51680	64.20	
S20*	45.09654	0.1000			
S21*	-43.44632	10.0000	1.49300	58.34	コンデンサ(CL)
S22	-14442.51878	3.5965			
S23	-25.91728	9.0000	1.49310	83.58	
S24	57.58558	46.0000			
S25	∞	5.0000	1.62041	60.29	

【0085】

* * 【表15】

実施例7の非球面データ				
面				
S5	ϵ	1.00000	A8	1.35490E-11
	A4	1.34020E-05	A10	-5.56518E-15
	A6	-1.86749E-08	A12	---
S6	ϵ	0.31662378	A8	-7.90765E-12
	A4	7.42671E-06	A10	2.31146E-14
	A6	-2.12232E-08	A12	-1.17501E-17
S20	ϵ	1.00000	A8	-3.96264E-11
	A4	4.15417E-06	A10	5.78079E-14
	A6	2.35790E-08	A12	---
S21	ϵ	1.00000	A8	3.84976E-11
	A4	1.89816E-05	A10	-7.01516E-14
	A6	3.64673E-08	A12	---

【0086】

【表16】

(18)

33

34

条件式の対応・関連データ										
実施例	型	f	FNO	(1)	(2)等		(4)	(5)等		
				ω	D1/f	D2/f	$(N_g - N_f) / (N_f - N_c)$	ffa	fra	$1 - ffa / fra$
1	—	13.0264	2.5	50.50	4.332	2.407	0.539288	-78.473	-593.265	0.132
2	—	13.2400	2.5	50.82	5.347	2.266	0.539288	-88.116	-848.390	0.104
3	50	13.1260	2.4	50.00	5.301	2.281	0.539288	-111.458	-9875.853	0.011
	40	13.0720	2.4	50.00	5.280	2.270	0.539000	-111.458	-9875.853	0.011
4	50	13.1000	2.8	50.00	3.941	3.036	0.539288	-117.179	-10049.107	0.012
	40	13.1570	2.8	50.00	3.950	3.040	0.589000	-117.179	-10049.107	0.012
5	—	11.7800	2.5	56.50	3.915	2.527	0.539288	-86.396	-210.088	0.411
6	—	13.0833	2.5	50.44	3.576	2.641	0.539288	-114.569	-4380.724	0.026
7	—	13.3572	2.5	50.32	4.558	3.444	0.539288	-74.315	46.623	1.594

【0087】

【表17】

角度データ(°)									
実施例	θ1最大値		θ2						θ3
	50型	40型	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
1	0.06	--	42.9	38.0	80.0	35.3	--	--	108.8
2	0.42	--	50.3	29.3	63.6	29.3	57.8	63.3	120.0
3	0.36	0.41	52.1	50.2	56.9	38.5	84.0	46.4	108.4
4	0.25	0.35	50.0	49.0	60.9	38.5	78.2	46.5	112.3
5	0.08	--	35.0	35.0	74.4	35.6	58.0	45.8	83.0
6	0.37	--	50.0	54.8	63.9	39.0	--	47.0	109.7
7	0.57	--	45.0	26.8	57.0	26.5	74.1	83.0	110.0

【0088】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、広画角で軽量・小型の高性能な投射光学系を実現することが可能である。そして、本発明に係る投射光学系を用いることにより高精細な投影画像を得ることができ、リアプロジェクション装置の高画質化と共に軽量・薄型化を達成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)の光学構成(40型)及び投影光路を示す断面図。

【図4】第3の実施の形態(実施例3)において像面の傾き補正を行う場合の光学構成(40型)及び投影光路を示す断面図。

【図5】第3の実施の形態(実施例3)を適用したリアプロジェクション装置(40型)全体の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図6】第3の実施の形態(実施例3)を適用したリアプロジェクション装置(50型)全体の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図7】第4の実施の形態(実施例4)の光学構成(40型)及び投影光路を示す断面図。

【図8】第5の実施の形態(実施例5)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図9】第5の実施の形態(実施例5)における前群と後群との偏芯状態を説明するための断面図。

【図10】第6の実施の形態(実施例6)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図11】第7の実施の形態(実施例7)の光学構成及び投影光路を示す断面図。

【図12】実施例1の収差図。

【図13】実施例2の収差図。

【図14】実施例3(50型)の収差図。

【図15】実施例3(40型)の収差図。

【図16】実施例4(50型)の収差図。

【図17】実施例4(40型)の収差図。

【図18】実施例5の収差図。

【図19】実施例6の収差図。

【図20】実施例7の収差図。

【図21】投影光準備手段の具体例を示す模式図。

【符号の説明】

40 PA …ライトバルブ

GrF …前群

GrR …後群

PR …プリズム(光路折り曲げ手段)

PT …投影光準備手段

G1 …第1レンズ

G2 …第2レンズ

G3 …第3レンズ

G4 …第4レンズ(第1フォーカス群)

ST …絞り(第1フォーカス群)

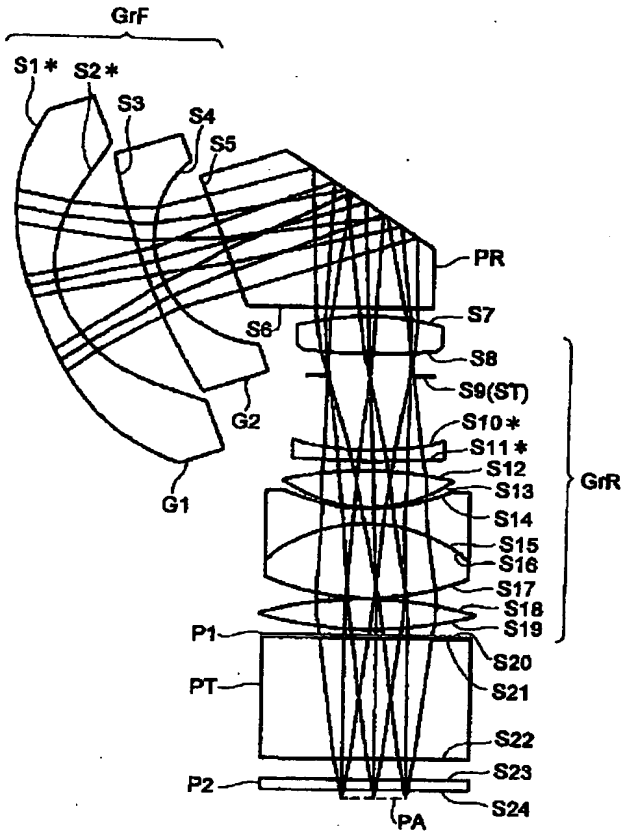
50 G9 …第9レンズ(第2フォーカス群)

(19)

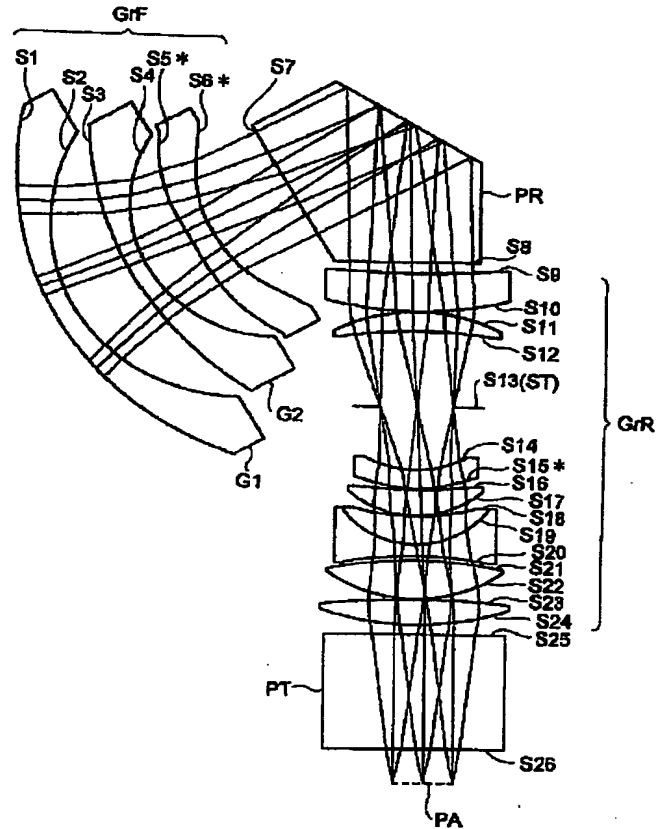
35
CL …コンデンサーレンズ
AXF …前群の光軸
AXR …後群の光軸

36
CP …前群の回転中心
SC …スクリーン

【図1】

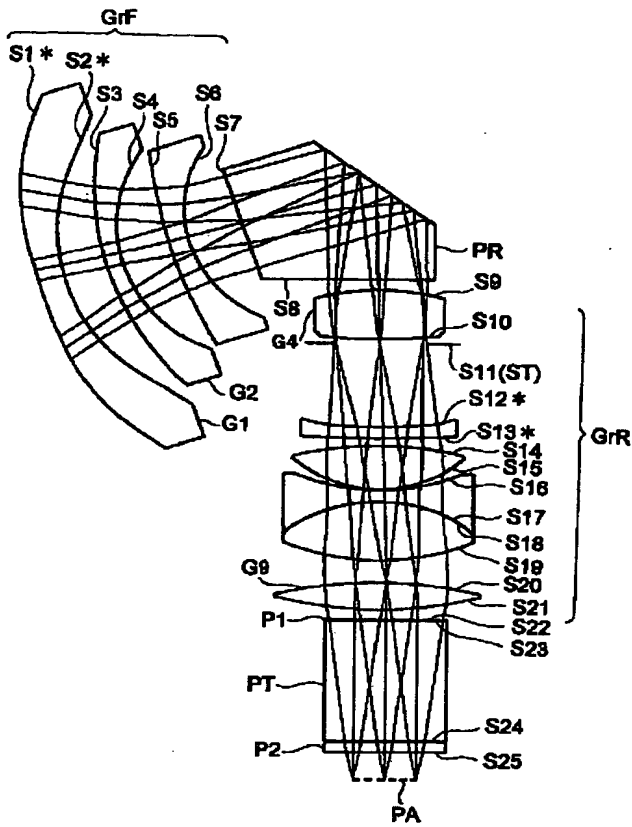


【図2】

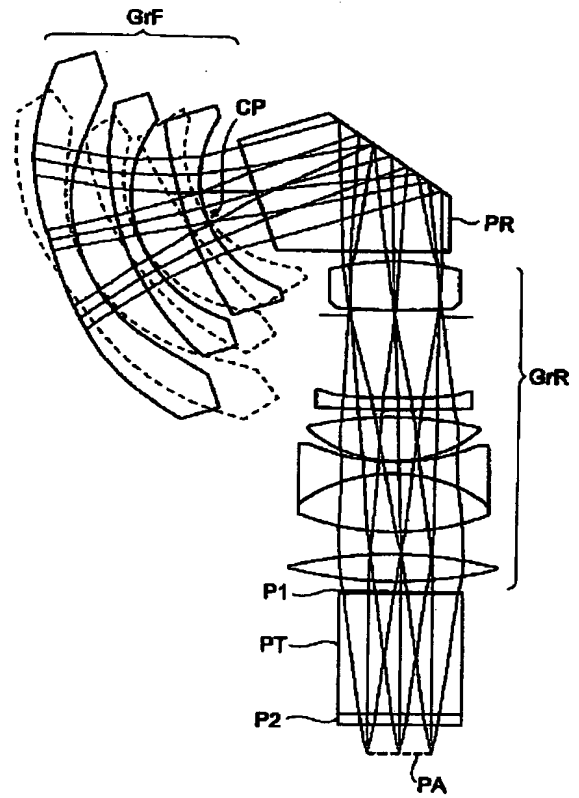


(20)

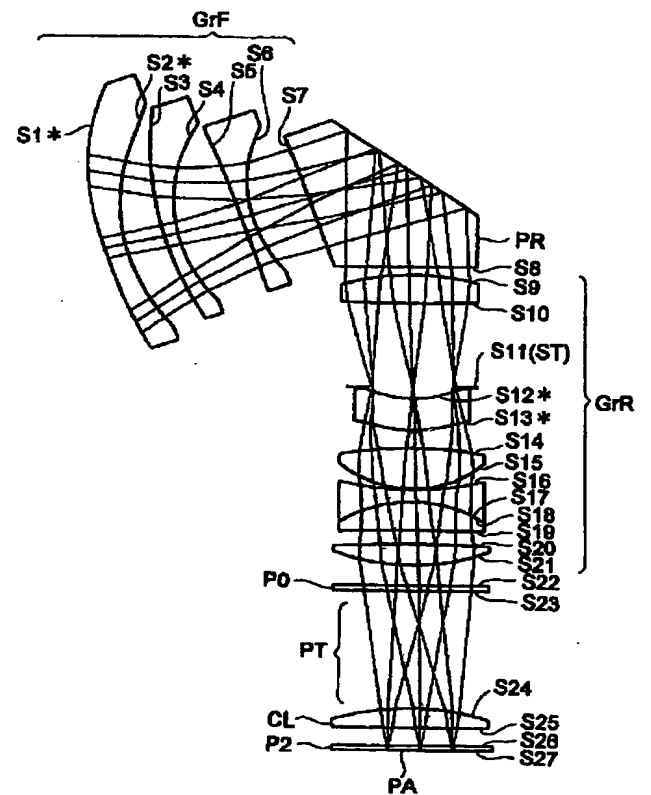
【図3】



【図4】

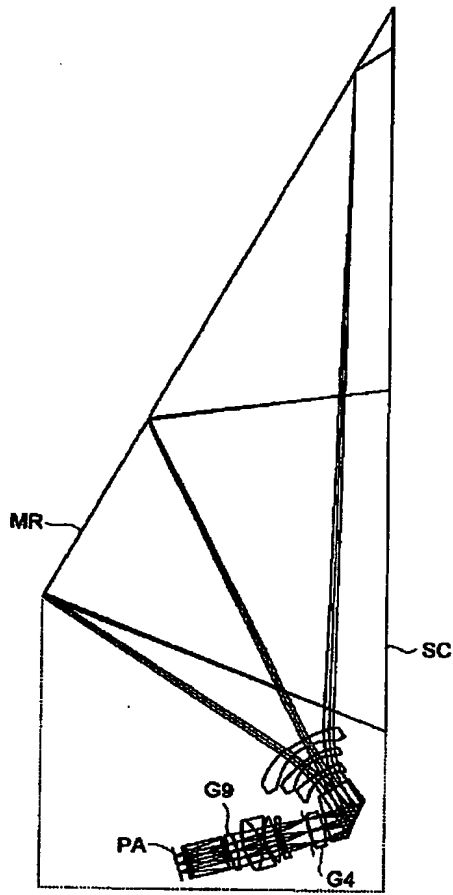


【図10】

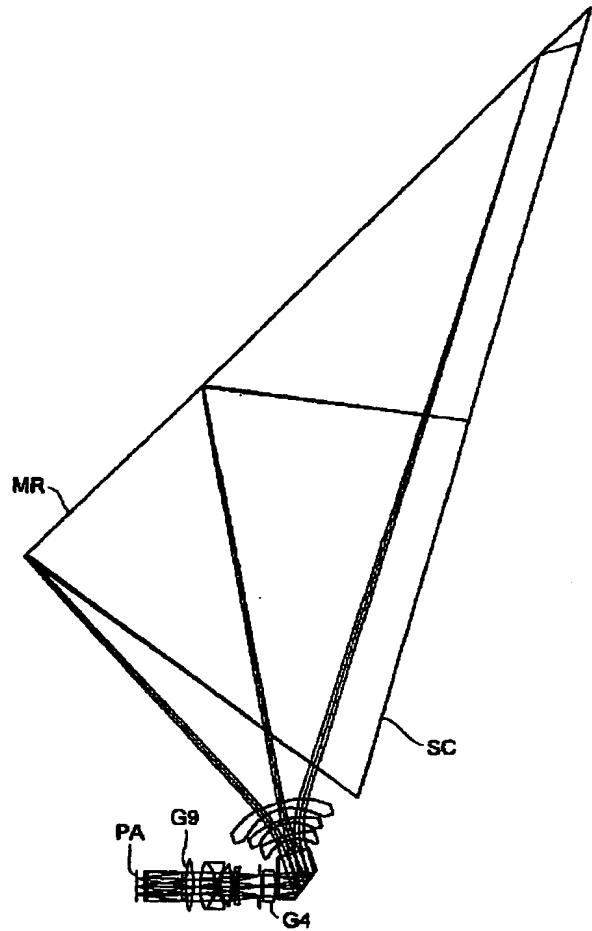


(21)

【図5】

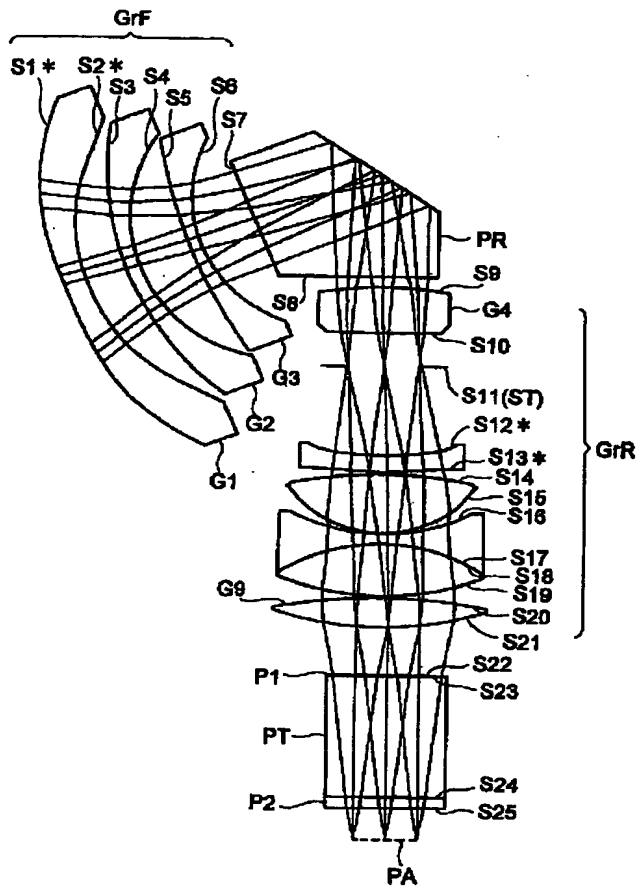


【図6】

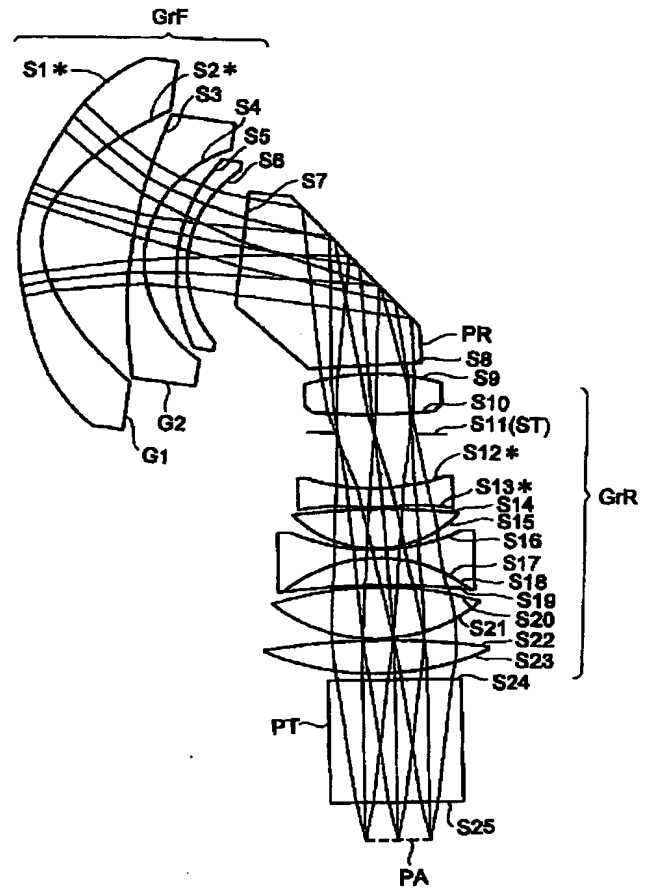


(22)

【図7】

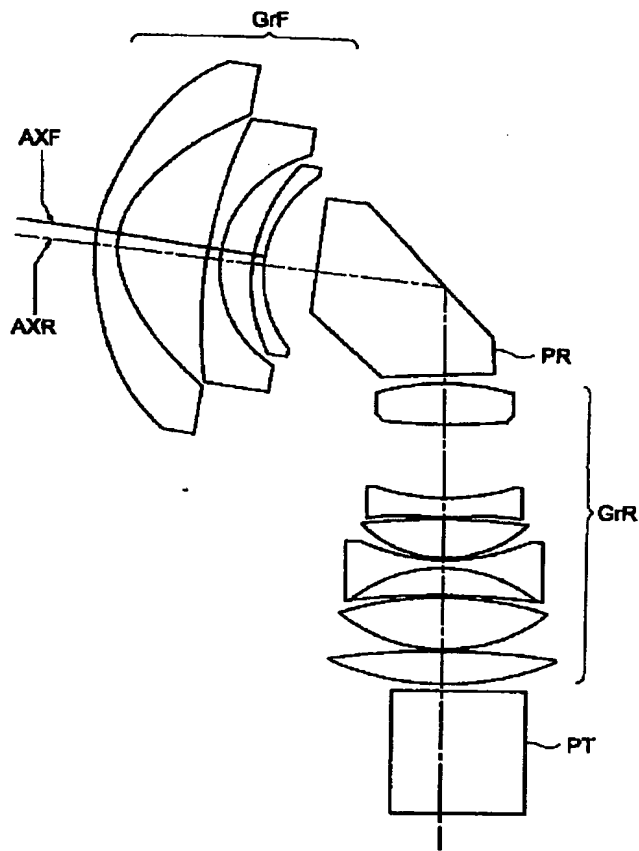


【図8】

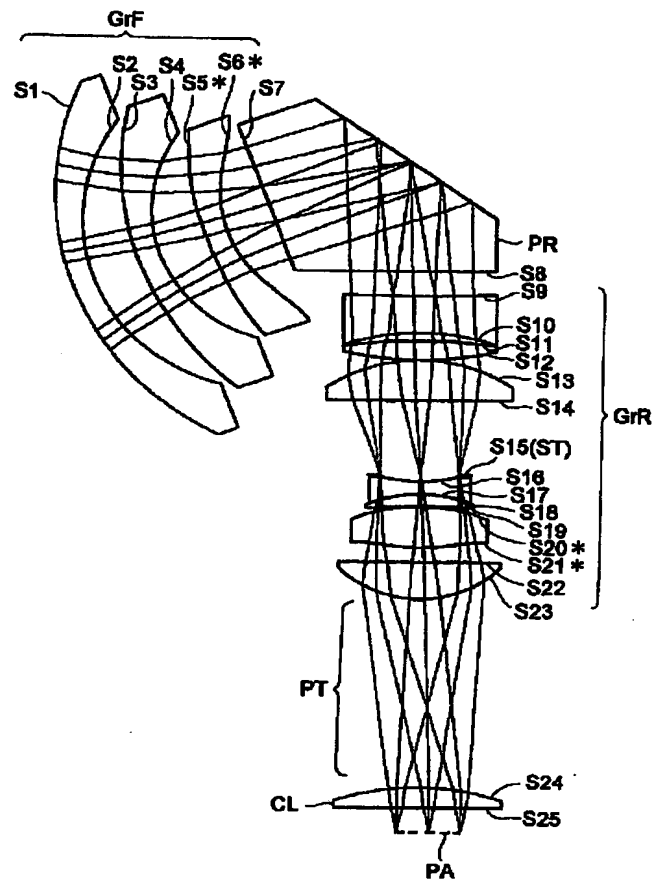


(23)

【図 9】

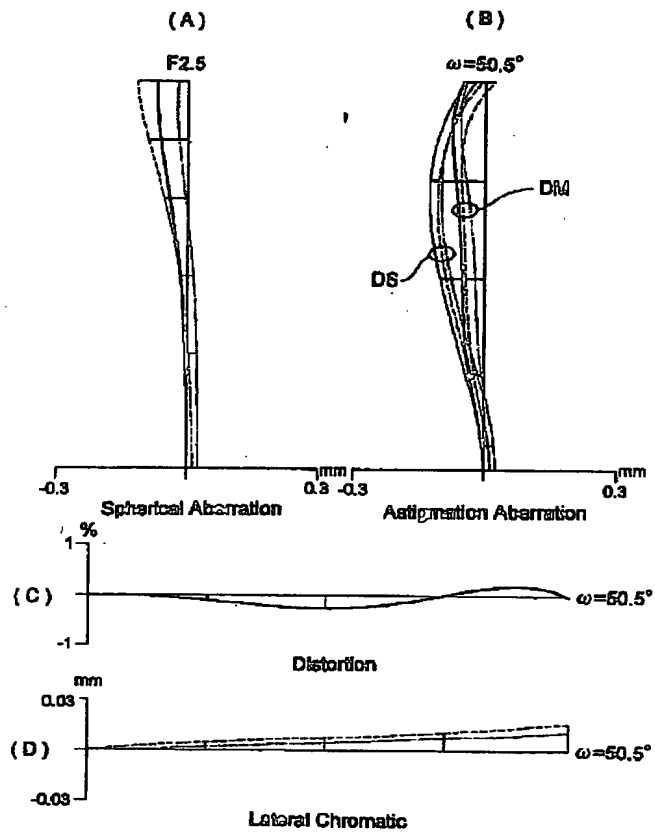


【図 11】

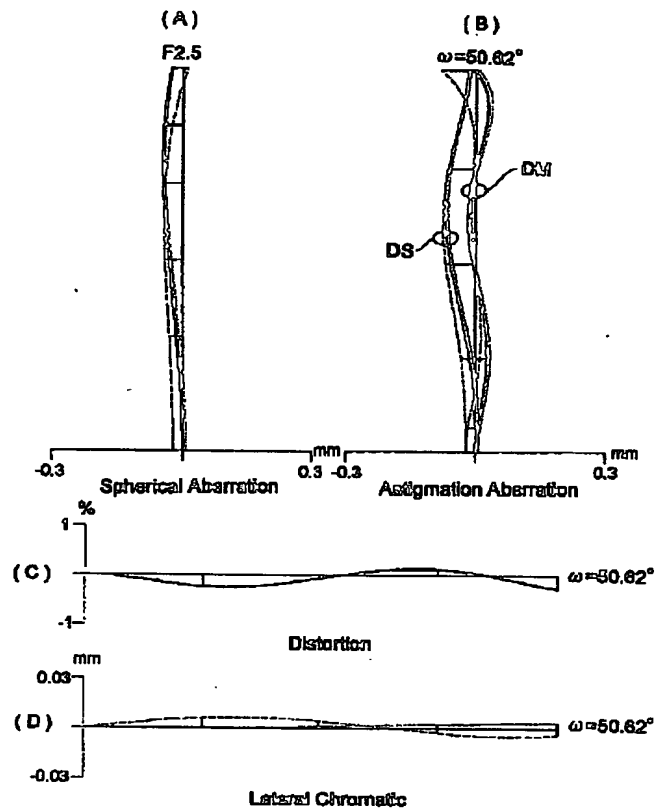


(24)

【図12】

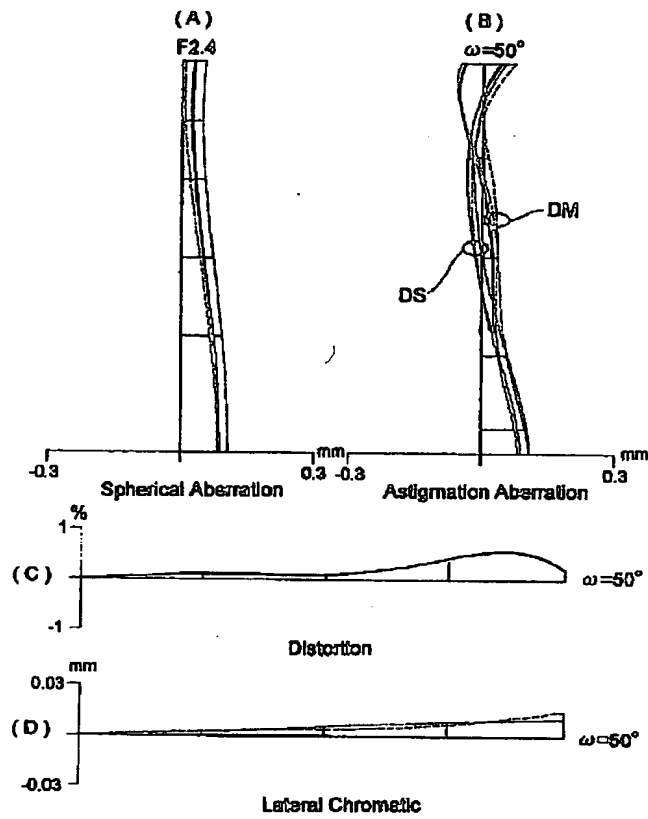


【図13】

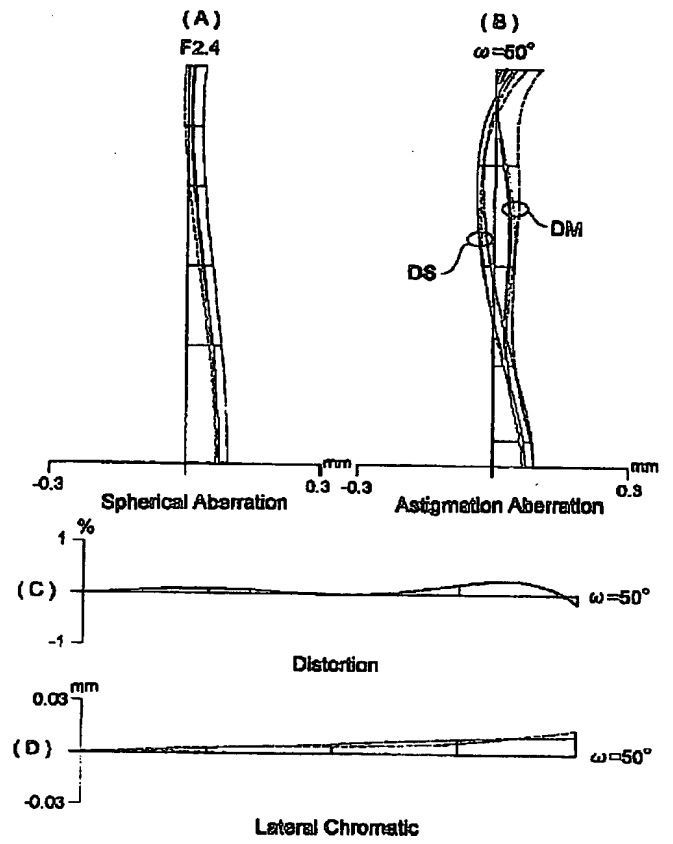


(25)

【図14】

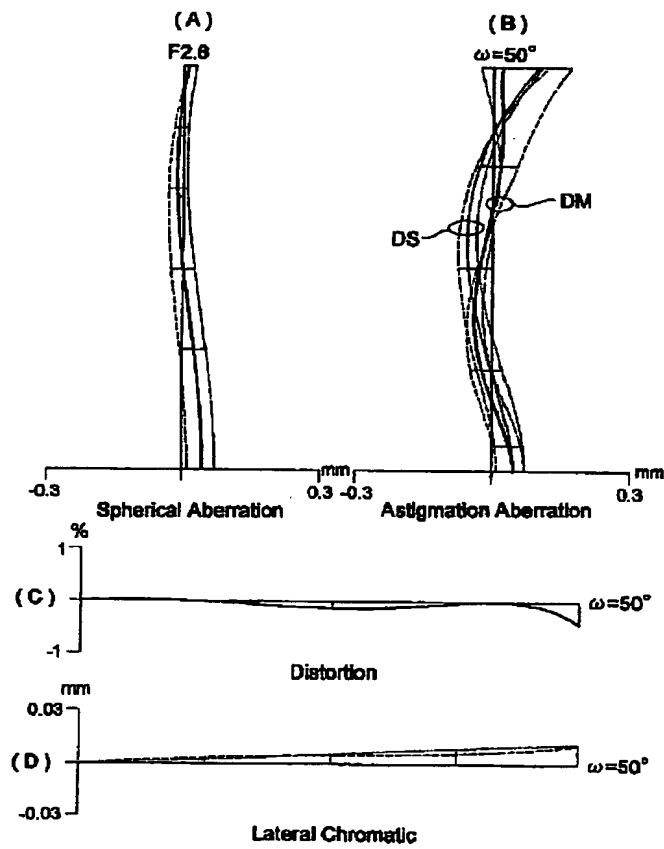


【図15】

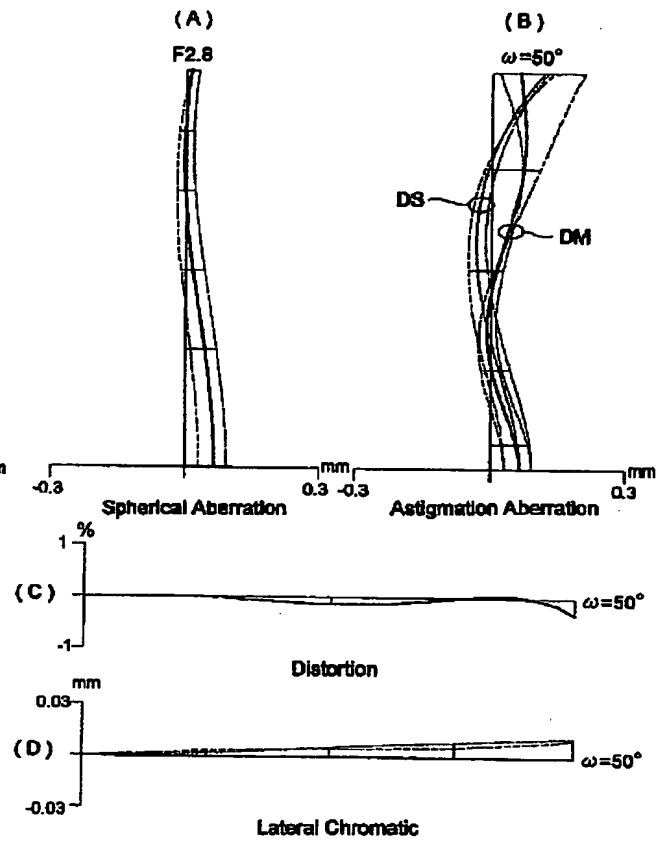


(26)

【図16】

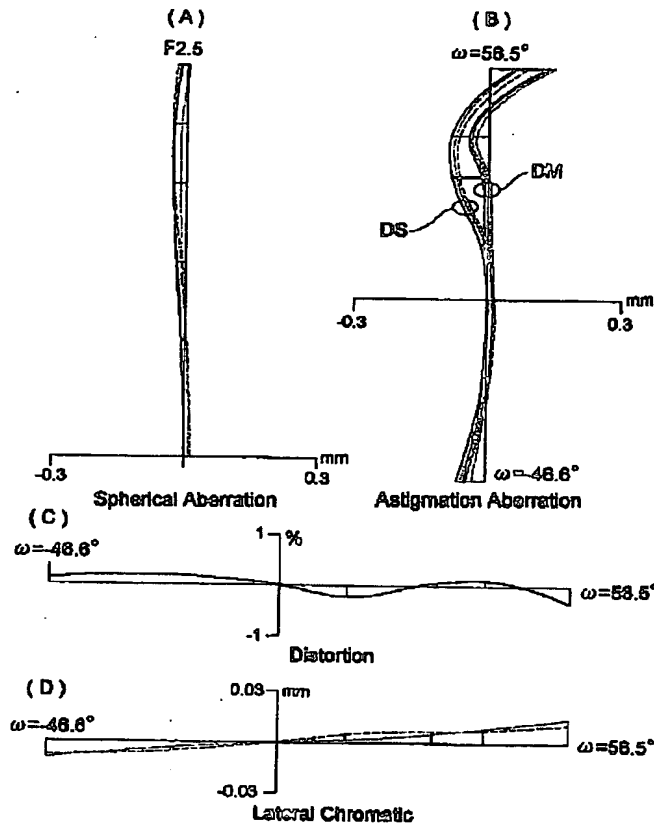


【図17】

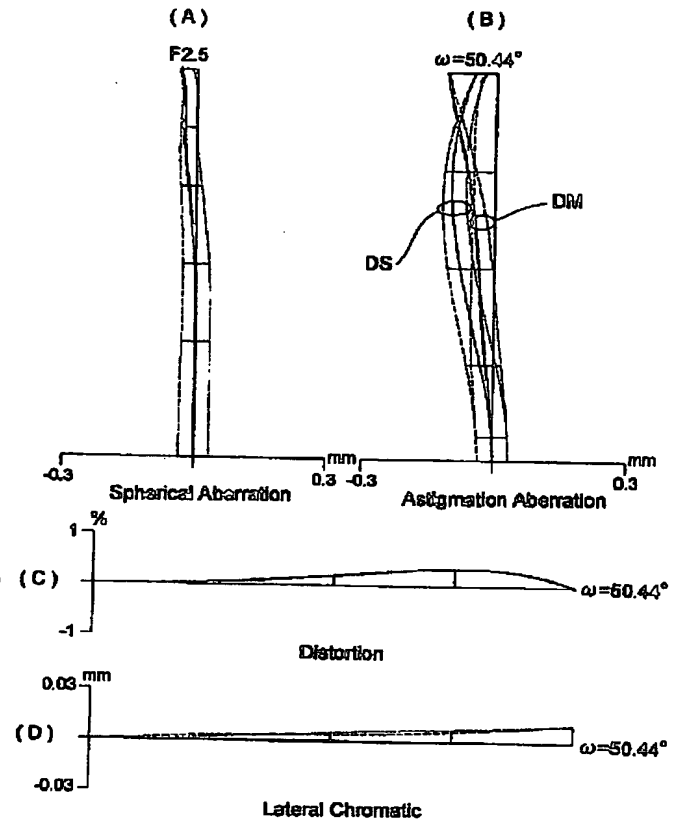


(27)

【図18】

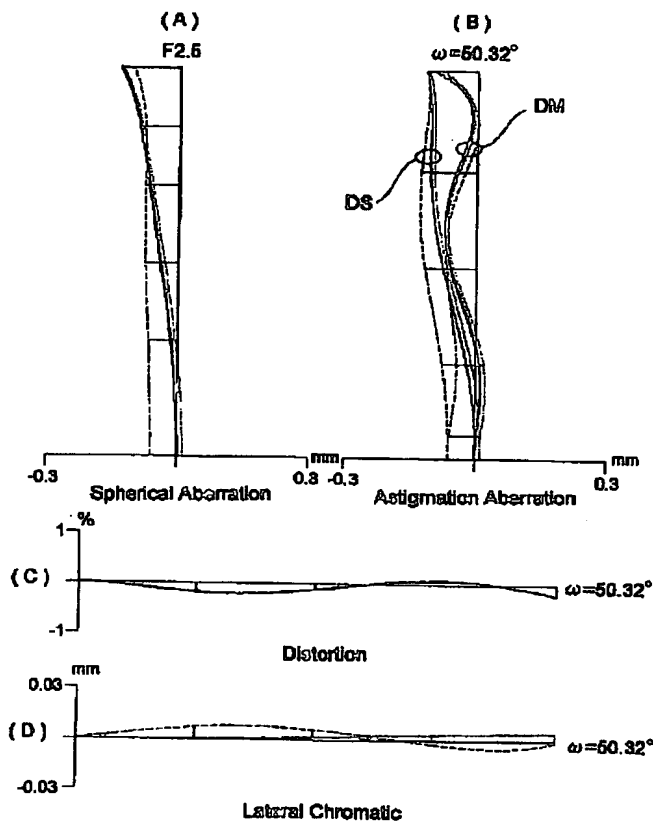


【図19】

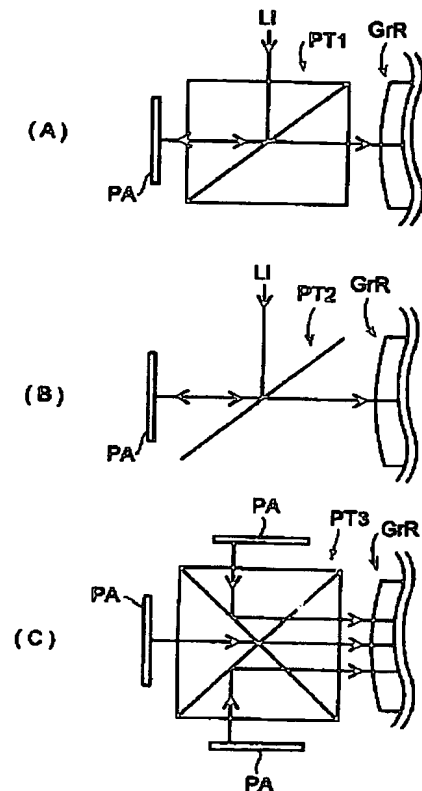


(28)

【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 2 F 1/13
1/13357

G 0 3 B 21/00

H 0 4 N 5/74

識別記号

5 0 5

F I

G 0 2 F 1/13
1/13357

G 0 3 B 21/00

H 0 4 N 5/74

テーマコード* (参考)

5 0 5

E

A

F

(72) 発明者 林 宏太郎

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA06 KA07 LA03 MA09 NA02

NA15 PA07 PA08 PA09 PA10

PA18 PA19 PB09 PB10 PB11

PB12 QA02 QA07 QA17 QA22

QA25 QA26 QA33 QA34 QA41

QA45 QA46 RA05 RA12 RA13

RA32 RA41 RA42 RA43 TA01

TA03 UA01 UA06

2H088 EA13 EA18 HA24 MA03 MA07

2H091 FA21X FA26X LA11 LA16

LA19

5C058 BA06 BA08 BA17 BA25 BA27

EA01 EA12 EA26